

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）

人の対話戦略に基づく
音声インタラクションシステムの発話生成

Utterance Generation in Spoken Interaction Systems
Based on the Human Dialogue Strategies

2012年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科
宮澤 幸希
MIYAZAWA, Kouki

研究指導教員： 菊池 英明 准教授

目次

第1章 序論	1
1.1 目的.....	1
1.2 背景.....	2
1.2.1 心の理論とメディアイクエーション.....	2
1.2.2 デザインの身体化.....	3
1.2.3 アニメーション.....	4
1.2.4 実存性.....	4
1.2.5 能動性.....	5
1.2.6 学習.....	5
1.2.7 感情.....	5
1.2.8 個性.....	5
1.2.9 対話戦略.....	6
1.2.10 信頼性.....	7
1.2.11 先行研究のまとめ.....	7
1.3 問題点.....	8
1.4 我々のアプローチ.....	9
1.5 受諾・継続欲求を高める対話戦略モデル.....	10
1.6 本論文の構成.....	11
第2章 受諾・継続欲求を高める説得対話の要因	13
2.1 本章の目的と背景.....	13
2.2 提案受諾対話の収録実験.....	14
2.2.1 対話タスク.....	14
2.2.2 制御因子.....	15
2.2.3 観測因子.....	16
2.2.4 実験環境.....	19
2.2.5 実験の流れ.....	21

2.3 実験結果.....	23
2.3.1 受諾行為.....	24
2.3.2 タスクの認知的負荷とストレス.....	26
2.3.3 ナビゲータに対する印象.....	26
2.4 ナビゲータ発話の解析.....	29
2.4.1 カーナビゲーション対話コーパス.....	29
2.4.2 言語的分析.....	34
2.4.3 音響的分析.....	38
2.5 本章の結論.....	41
第3章 説得対話を行うロボットエージェントの評価	43
3.1 本章の目的.....	43
3.2 ナビゲーションシステムのデザイン検討.....	43
3.3 ナビゲータ発話の詳細.....	45
3.3.1 発話テキスト.....	45
3.3.2 発話音声合成.....	48
3.4 提案受諾対話の収録実験.....	49
3.4.1 対話タスク.....	49
3.4.2 制御因子.....	49
3.4.3 観測因子.....	49
3.4.4 実験環境.....	50
3.4.5 実験の流れ.....	52
3.5 実験結果.....	53
3.5.1 受諾行為.....	53
3.5.2 タスクの認知的負荷とストレス.....	54
3.5.3 ロボットナビゲータに対する印象.....	56
3.6 本章の結論.....	58
第4章 ユーモア対話を行う音声対話システムの評価	59
4.1 本章の目的.....	59

4.2 受諾・継続欲求を高めるユーモア対話の要因.....	59
4.3 ユーザのシステムモデル.....	60
4.4 システムモデルを裏切る音声対話システム.....	60
4.4.1 タスクとシステムの概要.....	61
4.4.2 制御因子.....	62
4.4.3 観測因子.....	62
4.4.4 実験の手続.....	63
4.4.5 実験結果.....	64
4.5 本章の結論.....	66
第5章 結論	67
謝辞	69
参考文献	70
研究業績	74
付録	76
2.A コース・ポイント図.....	76
2.B 受諾チェック記入表.....	77
2.C アミラーゼ値記入表.....	77
2.D 運転負荷計測アンケート用紙 (NASA-TLX)	78
2.E デモ走行アンケート用紙.....	79
2.F 事前アンケート用紙 (kiss-18)	80
2.G 事前アンケート用紙 (内的作業モデル)	81
2.H 事後アンケート用紙.....	82
2.I レーシングゲームの習熟度アンケート.....	83
3.A ナビゲータロボット発話テキスト.....	84
3.B 日本語版 Love-Liking 尺度のエージェント適用版 アンケート用紙...	87
PG.1 XML 変換プログラム (Java)	89
PG.2 ナビゲータロボット制御プログラム.....	97

目次

1 ユーザの受諾・継続欲求を高めるエージェントの対話戦略モデル.....	10
2.1 コースポイントとアドバイスの例.....	15
2.2 ナビゲータに対する印象アンケート.....	18
2.3 プロトコル調査用紙.....	18
2.4 評価グリッド法.....	19
2.5a 実験環境（大画面モニタと運転席）.....	20
2.5b 実験環境（ドライバーとナビゲータの位置関係）.....	20
2.5c 実験環境（両条件のナビゲータの位置）.....	21
2.6 実験の流れ.....	22
2.7 制御因子別の平均受諾率の変化.....	24
2.8 ナビゲータ NH の周回別受諾率の変化.....	25
2.9 ナビゲータ NO の周回別受諾率の変化.....	25
2.10 ナビゲータ NT の周回別受諾率の変化.....	25
2.11 制御因子別のストレス値の変化.....	27
2.12 アンケート結果の因子負荷量と因子得点.....	27
2.13 「親密度」尺度因子の事後アンケート平均値.....	28
2.14 「信頼度」尺度因子の事後アンケート平均値.....	28
2.15 ナビゲータ音声の書き起こしの例.....	30
2.16 タグ付けを完了した書き下し文の例.....	31
2.17 変換が完了した XML ファイルの例.....	32
2.18 ナビゲータ発話と受諾情報を取り出すスクリプト.....	33
2.19 XSLT スクリプトの実行結果.....	33
2.20 平均受諾率が高かったナビゲーション発話の F0 パターン.....	40
2.21 平均受諾率が低かったナビゲーション発話の F0 パターン.....	41
3.1 NEC 製 PaPeRo.....	45

3.2 NH と DK の対話の例	46
3.3 修正前の発話テンプレート	48
3.4 修正後の発話文	48
3.5 実験環境	51
3.6 実験の流れ	52
3.7 提案受諾結果	54
3.8a NASA-TLX 値の増分	55
3.8b NASA-TLX 値の増分, 受諾条件	55
3.8c NASA-TLX 値の増分, 存在条件	55
3.9 標準韻律条件におけるアミラーゼ値の増分	56
3.10 ロボット印象評価の結果	56
3.11 因子分析の結果	57
4.1 音声しりとりシステムの概要	62
4.2 SD 法の 20 の形容詞対	63
4.3 各システムの標準因子得点	65
4.4 直接評価アンケート結果	65
4.5 平均ターン数	66

表目次

1 先行研究のまとめ.....	8
2.1 ナビゲータの個人差および専門性.....	16
2.2 ドライバーとナビゲータの組み合わせ.....	21
2.3 実験のスケジュール.....	22
2.4 ドライバーの運転行動のタグ.....	30
2.5 XML の仕様.....	31
2.6 受諾結果と根拠あり発話の関係.....	34
2.7 受諾結果と数字出現発話の関係.....	35
2.8 コース別受諾結果とフィードバックの種類.....	36
2.9 受諾結果と語末表現の関係.....	37
2.10 ナビゲータ発話における単語親密度.....	38
2.11 運転実験と印象評価実験における受諾率.....	40
3.1 韻律制御パラメータ.....	48
3.2 実験のスケジュール.....	51
4.1 音声しりとりシステムの意外な応答の種類.....	61
4.2 バリマックス回転後の因子パターン.....	64

第1章 序論

1.1. 目的

音声認識・合成技術の進歩により、ユーザと音声によるインタラクションを行う対話システムの研究が進んでいる。初期の音声対話システムはチケット予約や音声ガイダンスなど、主にユーザのタスク遂行を補助的に支援する目的で使用されてきた。このようなシステムにおいては、ユーザの要求を短時間で、正確に達成することが重要であった。しかし近年では、ユーザの学習支援や情報推薦などを行うシステム、ドライバーに対して提案を行うカーナビゲーションシステム、エンターテインメントロボットなど、ユーザとシステムが双方向のインタラクションを行うことを前提とした音声対話システムが数多く提案されている。このようなシステムはユーザから独立してタスクを遂行しているとみなせるため、従来のユーザ主導型のシステムとは区別して、エージェントシステムと呼ばれる。

音声対話エージェントシステムの中には、短期間のタスク達成が目的ではなく、ユーザのコンピュータや住環境に常駐して長期的なサービスを展開していくことを前提としたものも多い。このようなシステムにおいて質の高いサービスを提供するためには、ユーザがシステムに対する興味を長期間維持し、システムをコミュニケーションの相手として受け入れるようなデザインが重要である。そのため、ヒューマンエージェントインタラクション (Human Agent Interaction, HAI) の研究分野では、人が人工物をインタラクションの相手として認めるために必要な要因に関する研究が行われてきた。

先行研究では、人や人同士のコミュニケーションを模倣したエージェントシステムは直感的に機能や目的を理解しやすく[1]、ユーザのインタラクション欲求（相手と積極的なインタラクションをしたいという欲求）を高め[2]、安心で[3]、意味のある[4]インタラクションを実現できると仮定してきた。さらに、ユーザのインタラクション欲求を高めることで、タスク達成率の向上やストレス軽減の効果が期待できると考えられてきた。例えばエージェントのデザイン、表情、感情表現を人と似せたり、新しく興味深い発話メッセージを行うことでインタラクション欲求を高める試みがなされている（1.2 で詳述する）。これらの試みは実際に成果を挙げているが、最適なシステムのデザインはインタラクションの環境やタスクによって異なり、一般性の高い要因の抽出が困難であるという問題がある。また、新しく興味深い（新奇性の高い）デザインや発話内容は、ユーザの慣れによって効果が軽減してしまう可能性がある。そのため、長期的なサービスを展開する上で発話内容の質を維持することが難しい。

我々はこれらの背景をふまえて、新奇性やデザインによらずインタラクション欲求を高めうる音声対話システムのインタラクションの設計指針を得ることを目的としている。特に、人が人同士の対話で行っている「対話戦略」に着目した。対話戦略はタスク依存性が低く、また新奇性によらずにインタラクション欲求を高めうると考える（1.5 で詳述する）。我々は心地よく、続けたい、聞き入れたいと感じる人同士の対話を音響的・言語的に分析し、これらの対話の本質的な要因を明らかに

することで、長期間にわたってユーザに対して提案やガイダンスを行う音声対話システムの発話生成モデルを提案することを目指している。特に本論文では、聞き手が話し手やシステムと長期間インタラクションを続けたいと思うかどうか（継続欲求）、及び聞き手が話し手やシステムの提案を受け入れたいと感じるかどうか（受諾欲求）に関して、対話収録実験及びシステム評価実験によって分析した。

以下、1.2 節ではユーザのインタラクション欲求を高める音声対話エージェントシステムに関する先行研究について概説する。その上で、1.3 節では先行研究の問題点を述べる。1.4 節では我々のアプローチについて述べ、1.5 節では我々の提案する対話戦略モデルについて述べる。1.6 節で本論文の構成について述べる。

1.2. 背景

HAI 分野では、人が音声対話エージェントシステムをインタラクションの相手として受け入れるために必要な要因に関して多くの研究が行われている。1.2.1. 節では、本研究および多くの先行研究で基本的な考え方となっている Media Equation 理論[5]について述べ、この理論の前提となる「心の理論」についても述べる。また、先行研究を概観すると、システムの「デザイン」「アニメーション」「実存性」「能動性」「学習」「感情」「社会性」「個性」「対話戦略」の要因に着目した研究が行われているため、それぞれについて 1.2.2. ～1.2.10. 節で概説する。1.2.11. 節ではまとめを述べる。

1.2.1. 心の理論とメディアイクエーション

Reeves らはコンピュータ化されたメディア（特にエージェントシステム）とインタラクションを行うユーザの行動を調べ、ユーザとシステムとのインタラクションは、人同士のインタラクションと多くの共通点がある¹ことを指摘した[5]。すなわち、人はエージェントシステムを人と同じように扱う傾向があった。Reeves らはこれをメディアイクエーション (Media Equation) と名付けた。心理学によれば、人は人らしさやコミュニケーションの可能なモダリティを備えた存在をインタラクション対象とみなして、対象の内的状態を推定し、積極的にコミュニケーションを図ろうとする²。これは心の理論 (Theory of Mind) と呼ばれる[6]。生後間もない乳幼児であっても、親の声や顔に対して高い認識能力を示し、積極的に注意を向けることから、心の理論はある程度生得的に備わっている可能性が高い。

このような人の能力を生かすために、HAI の分野では、エージェントシステムに人に近い外観とインタラクション能力を与えることで人のシステムに対するインタラクション欲求を高める試みが行われてきた。その際、人同士のインタラクションにおいて何がインタラクションの円滑化・向上の要因になるのかの知見に基づき、それをエージェントシステムに再現するアプローチをとられることが多い。次節以降、人のインタラクション欲求を高めたり、ユーザのタスク遂行の効率を上げるべく開発されたシステムの先行研究に関して概説する。

¹ 人はコンピュータをインタラクション可能な存在とみなして怒ったり、愛着を抱いたりするとされる。

² Reeves らは人は無自覚的にコンピュータに対して対人行動を行うと考えた（無自覚説）が、他にも、ユーザがコンピュータをシステムの開発者や販売者の代理とみなしている（代理説[30]）、またはユーザがコンピュータに対して無知であり人と思いついでいる（情報欠乏説[47]）などの説明が試みられてきた。竹内らは心理実験によって、ユーザが無自覚に、エージェント自体に対して人格を感じ、対人行動を行おうことを示した[73]。

1.2.2. デザインの身体化

人は最初に相手の外観に基づいてどの程度のインタラクションが可能であるかの判断を行っていると考えられる。そのため、音声対話エージェントシステムのデザインに関する研究は多い。一般的なエージェントシステムでは、ディスプレイ上にシステムのプロセスやメッセージを伝えやすいデザインのキャラクターを表示し、ユーザはキャラクターとの対話によってタスクを実行する。Cassell らは、目や口など、人に近いモダリティを備えたキャラクターを表示するエージェントシステムを総称して、身体化エージェント（Embodied Social Agents, ESAs または Embodied Conversation Agents, ECAs）と名付けた[1]。身体化エージェントは、システムが情報を伝えやすく、ユーザがインタラクションの手順を理解しやすく、ストレスなく円滑な対話が行える点が利点であるとされている[1]³。柴田らによれば、ユーザはエージェントシステムの外観の人との類似性に基づいて、システムの社会的役割や性別、人格を判断し、それに合わせたインタラクションを行う[7]。キャラクターの擬人化の程度とユーザの脳反応の相関分析も試みられている[8]。

このように、従来の研究ではキャラクターの外観は人に近いほど良いと考えられていたが、必ずしもリアリティの高い（現実の人に近い）デザインである必要はないことが分かっている[9]。例えば口がくちばしであるなどのユニークな外見であったり[9]、漫画のキャラクターのようなデザインであっても[10]、タスクの達成率の有意差はないことが分かっている。

むしろ、人はリアルで人間的なシステムに対しては、人の「社会的固定観念」を当てはめてインタラクションを試みるとされる[10][11]ため、システムのデザインと実際の機能の不一致がある場合、逆にユーザのインタラクション欲求を下げる可能性がありうる。これを示唆する実験として、小松らは外見の生物らしさを変えた3種類のデザインのシステム（ビーブ音を発するノートPC, LEGO Mindstorms, ペットロボット AIBO) を比較し、システムが行う行動とデザインを組み合わせ、人が抱く印象を評価した[12]。その結果、システムのデザインから予測される機能に対して実際の機能が低かった場合、ユーザは失望感を抱き、またシステムの動作の意図を理解しづらくなることが分かった。例えば AIBO であれば、犬を模した外見から予測される犬らしい行動に対して、AIBO の実際の行動は制約が多いためユーザの失望感を招いた。小松らは「ユーザに与える印象と態度を伝達するという機能との間に大きなギャップが存在していると、コミュニケーションが継続するにしたがってユーザがそのギャップに気づいてしまい、印象が悪くなる」と述べている[12]。

また、Blumberg によれば、非生物的なオブジェクトのキャラクターよりも擬人化されたキャラクターとコミュニケーションの方が、システムに対してユーザが寛容な態度を示した[13]。Elliott は心の理論に基づいて、「人が生物体については内的で不明瞭な動機に従うこともある、ということに慣れているからであろう」と述べている[14]。また、ロボットを人でなく、ペット動物に模倣させることでも人のインタラクション欲求を高める効果がある[20]。

³ ただし、顔や体を持たないコンピュータであっても、人と継続的な関係性を築きうることも示されている[71]。

1.2.3. アニメーション

ディスプレイ上でキャラクターが動くエージェントシステムは、動かないシステムに比べて、タスクに関するユーザの理解度を高めることが期待できる[4]。エージェントがジェスチャーなどの非言語的な伝達を行うことの有効性が検討されている[1][18]。また、キャラクターの目、首や体の動きを人に近付けることでユーザの注意を引いたり、インタラクションを円滑に行うことが可能であるとの仮定に基づき、最適な制御要因を探るべく多くの検討が行われている（Dehn らのレビュー[15]、Elliott らのレビュー[11]を参照されたい）。

しかしながら、キャラクターがディスプレイの目立つ位置でアニメーションすることでユーザの注意がキャラクターに向けられてしまい、タスク進行の妨害となる可能性も指摘されている[16][17]。また、店頭販売ロボット（商店で商品の紹介をするロボット）を使った村上らの研究では、ユーザはロボット自体に注目してしまい、販売率の向上につながらなかった[74]⁴。これはユーザーの興味を引くこと、インタラクション欲求を高めることが、必ずしもタスク達成率の向上を促すとは限らないことを示唆する。

1.2.4. 実存性

人の生活空間は三次元であるので、ディスプレイに表示された平面のキャラクターよりも、立体のキャラクター、または実体のあるロボットのエージェントの方がより人に近い存在であると考えられる。そのため、これらのエージェントの有効性が議論されている。たとえば、ディスプレイ上で三次元で描画された 3D キャラクターは、二次元で描画された 2D キャラクターよりも立体的なジェスチャーや方向指示を使用することができる。そのため、3D の方が人の直観に即した情報提示やナビゲーションが可能であり、ユーザのタスク達成率を高めた[18]。また、3D エージェントは 2D エージェントよりもユーザのインタラクション欲求を高め、交流したいという印象を与えた[10]。

近年ではロボット技術の発展に伴い、実体をもったロボットのエージェントを使った研究も盛んに行われている。人を模したロボットは、人が直感的に理解しやすい位置にセンサーやスピーカーなどの機能が配置されており[1]、ユーザと同一の環境を共有できるため、ディスプレイ上に表示されたキャラクターよりもユーザのインタラクション欲求を高めることができると考えられている。内藤らはロボットエージェントのナビゲーションを受けながら宝探しをするユーザの観察を行ない、ロボットとユーザが環境を共有することによりロボットの信頼性が向上し、ユーザがナビゲーションに従いやすくなることを示している[59]。

ただし、エージェントの実存性の効果は、ユーザに伝えたいメッセージの内容に依存する可能性が高い。画面上のエージェントと小型ロボットを比較した研究によれば、画面上のエージェントは画面上の仮想世界で、ロボットは実世界でより強く影響を与えることが明らかになっており、「3D キャラクターはインタラクション環境が 3 次元空間であるとき若干の利点があるものの、2 次元空間の 2D キャラクターよりは利点が少ない」と述べられている[19]。

⁴ この問題を解決するために、大澤らは、対象物（ここでは商品）そのものを擬人化エージェント化する手法（直接擬人化法）を提案している[75]。

1.2.5. 能動性

ユーザのインタラクション欲求を高めるために、エージェントの自律性、能動性を高めることの重要性が議論されている[21]。近藤らはユーザのインタラクション（なでる、叩く）によって表情が変わる対話システムの評価実験を行い、ユーザからのインタラクションの頻度を維持するために、「推定したユーザの内部状態にもとづいてエージェント側から能動的にインタラクションを働きかけることが有効である」と述べている[22]。今井らは、ユーザに飽きを感じさせないことを目的として、環境から能動的に情報を抽出して多様な行動を生成する対話システム Spondia を提案している[23]。田中らは、ペットロボット AIBO は喜び動作のパターンが決まっっていて、有限の動作の中から選択されていることが「生き物らしからぬ」多様性のない動作の繰り返しになり、ユーザに飽きられると指摘し、ロボットの動作を自動生成する手法を検討している[23]。

1.2.6. 学習

ユーザの情報を学習しシステムの応答を変容させることは、ユーザのタスク進行を補佐する目的でこれまでも多くのシステムに実装されてきた（例えば、コンピュータの予測変換機能など）が、ユーザとシステム間のインタラクションの継続性を高める上でも効果的であると考えられる。

神田らは小学校に 2 ヶ月間、複数の人々と音声やジェスチャでコミュニケーションが可能なロボット Robovie を設置し、小学 5 年生 37 名とのインタラクションの観察を行った[25]。その結果、ロボットが子供の名前を呼ぶ、長期間関係性を維持した子供にだけロボットが秘密を教えるなど、タイミングが重要であるものの学習を行っているように見せかけることで、子供の親密感を高め、ロボットの長期の利用につながったと報告している[25]⁵。ロボットと親密な関係性を築いた人に、時間経過に伴い新しい情報を提供する（両者の関係性を変容させる）ことが、長期利用にとって重要であった[25]⁶。時間経過によって新しい行動を行うことがインタラクションの継続性を高めるとする知見は、3 家族の家庭にロボット Phyno を置き 16 日間の観察を行った実験でも確認された[26]。

1.2.7. 感情

エージェントシステムが感情表現を行った際のユーザの応答に関しても多くの検討が行われてきた（Russell らのレビュー[27]を参照されたい）。Elliott によれば、コンピュータが感情について少しは理解しているとユーザが感じられるなら、ユーザは積極的に順応しようとする[14]。

1.2.8. 個性

Reeves らはコンピュータに性別を設定したり、礼儀正しい、専門性があるなどの個性付けをすることで、ユーザのインタラクション欲求を高めうることを示した[6]。

⁵ 神田らの研究は Wizard of OZ 法（バックグラウンドで実験者がロボットを操作する）による。

⁶ 神田らは「ロボットを機械的なツールでなく、友達になれそうという意欲をはじめに持っていた子供は、そうでない子供よりも長期間ロボットの前に滞在する傾向があった」と述べている。

エージェントにどのような性格付けをするべきかに関する研究は多く、例えば人に近いリアリズムのある性格[9]などはユーザのインタラクション欲求を高めることが報告されている。

ただしエージェントの最適な性格は、ユーザの性格によって異なる可能性がある。Isbister らは内向的な性格と外交的な性格のエージェントを比較した結果、ユーザは自分の性格と相補的な性格のエージェントを好み、そのようなエージェントの提案を受け入れる傾向があった[28]。

1.2.9. 対話戦略

システムからユーザへの情報伝達の手法についても様々な検討が行われている。以下、先行研究の知見を五つの要因にまとめ、それぞれを概説する。

第一に、音声を使うことが有用であった。ディスプレイにテキストを表示して情報を伝えるよりも、音声で伝えたほうがよりユーザの興味を引くこと[31]、ユーザのシステムに対する印象の個人差が少ないこと[58]が分かっている。そのため、人同士の音声コミュニケーションを模倣し、自然なインタラクションを成り立たせようという試みが行われてきた[32]。

第二に、話題の新奇性を高めることが有用である。例えば、ユーザを飽きさせないことを目的として、Web 上の情報を利用する雑談対話システムが提案されており、新規の情報提供が対話の継続欲求を高めることが確認されている[33]。1.2.6 で述べた神田らの実験でも、新規の話題がインタラクション欲求を高めることが分かっている[25]。特に[33]では、対話相手と他の話題について話したり、同じ話題でも時間をあけて話すことによって、さらに知識や経験を得ることができることが対話を飽きさせない要因の1つであると述べている。

第三に、メッセージの内容が重要である。カーナビゲーションシステムなどの研究分野では、ユーザが覚えやすく、聞き取りやすく、興味・関心を促すメッセージの内容や語彙に関する研究が行われている（例えば[80]）。

第四に、音声の質が重要である。システムの音声の声質[38]や韻律[39]は、ユーザのシステムに対するインタラクション欲求に影響することが分かっている。藪田らは音声インタラクションにおいて人の行動に影響を及ぼす韻律の要因をまとめ、謝罪を行う音声対話システムの評価実験を行った結果、謝罪を意図した発話の韻律（平静に比べて低いF0レンジとパワーをもつ）をもった音声で謝ることでユーザのネガティブな評価を抑制できること、平静の韻律ではこの効果がないことを示した[58]。鈴木らはシステムが出力する音声の韻律パターンに、一定割合でユーザの発話の韻律の模倣を混ぜると、人はコンピュータの反応を良いように解釈し、インタラクション欲求が高まることを示した[39]。

第五に、発話のタイミングが重要である。横山らは情報提供を行う「話し手」と、ユーザの話聞く「聞き手」を切り替えることのできる対話システムを作成して高齢者との対話実験を行った結果、対話の自然性、対話継続時間、ユーザの関心が高まった[81]。

第六に、ユーモアが有用である。対話システムにユーモア表現を含んだ発話を行わせることで人の興味を引き付ける試みがある。例えば、人（漫才師）とロボットの音声対話によるロボット漫才[40]において成果を挙げ、聴衆の高い関心を得た。

[40]は様々なユーモア表現を工夫した台本を用いた対話であるが、音韻の置換による駄洒落を利用したなぞなぞ生成システム[41]や、Web上の情報を利用して駄洒落を含んだ応答を返すテキストチャットシステム[42]のように、ユーモア表現を自動生成するシステムも提案されている。[42]では、ユーモアを話すシステムは有意に人のインタラクション欲求（対話継続欲求）を高めることを示している。

1.2.10. 信頼性

Lsbister らによれば、ユーザは一貫性のある言葉と非言語情報（外向性言語と姿勢）を示したコンピュータを好む[43]。Loyal1 らは、人の会話においてコミュニケーションのいろいろな形（ジェスチャーや表情など）は一貫性を保っており、エージェントの信頼性を高めるためにはこの一貫性が重要であると述べている[44]。向井らは、「予め用意された規則に従った行動では、人がすぐに飽きてしまうという問題がある一方、頻繁に行動基準を変化させる手法では、ロボットの一貫した行動規則を人が見出せなくなり、かえってコミュニケーションの妨げとなる」と述べて、行動基準の一貫性と変動性の双方を満たすことによってコミュニケーションロボットに必要な多様な行動を生成することを検討している[45]。さらに、エージェントシステムのキャラクタを権威のある、信頼のできる人物であるように演出した場合、そうでない場合（権威のないキャラクタ）と比べてユーザがエージェントの提案を受諾する割合が上がるということが分かっている[46]。

これらの研究は、タスクの内容とキャラクタのデザインの一貫性が保たれていることが重要であることを示唆する[19]。Elliott はエージェントシステムがユーザに信頼されるための条件について考察している。たとえば、システムが理解していない情報をあたかも理解しているようにふるまうことで、ユーザの信頼性を損なう可能性がある[14]。他にも、本来のタスクを妨害するようなインタラクションや感情表現を行なうこと、インタラクションに強引な割り込みをすること、システムに対するユーザの期待を高めることなどは、ユーザの信頼性を損なう可能性を指摘している[14]。

1.2.11. 先行研究のまとめ

1.2.2～1.2.10 で述べた先行研究の結果を表1にまとめた。

なお表1では、ユーザのシステムに対する親密感、信頼感などの主観的な評価は全て「インタラクション欲求」に分類し、システムの情報推薦を受けた、教示を受けたなどの客観的な結果は全て「タスク達成率」に分類した。

HAI の分野ではこれまで、音声対話インタフェースの外観、動き、存在感を人に近づけてユーザの興味を引いたり、個性を設定したり、ユーザの情報を学習して新しい行動を行ったり、話題を増やして多様な対話シーンに対応したり、ユーモアのある発話を行ったりすることでユーザに話し続けたい、受け入れたいと思わせることを目指してきたといえる。

表 1 先行研究のまとめ

要因		インタラクション欲求	タスク達成率
デザイン	身体化と非身体	身体化 > 非身体 [1]	身体化 > 非身体 [1]
	生物と非生物	生物 > 非生物 [13]	
	リアリティ	機能に依存 [12]	リアリティ有 = 無 [9]
アニメーション		有 > 無 [15]	有 = 無[74], 有 < 無[16]
実存性	画面内の 2D と 3D	3D > 2D [10]	3D > 2D [18]
	キャラクタとロボット	キャラクタ = ロボット [19]	タスクに依存 [19]
能動性(動作の自動生成)		有 > 無 [22]	
学習		有 > 無 [25]	有 > 無
感情		有 > 無 [27]	
個性	性格	ユーザの性格に依存 [28]	ユーザの性格に依存 [28]
	リアリティ	有 > 無 [9]	
対話戦略	音声	有 > 無 [31]	
	新奇性	有 > 無 [33]	
	声質	有 > 無 [38]	
	韻律	有 > 無 [58]	
	タイミング	有 > 無 [81]	
	ユーモア	有 > 無 [42]	
信頼性	一貫性	有 > 無 [43]	
	権威付け		有 > 無 [46]

1.3. 問題点

1.2 節では音声対話エージェントシステムにおいて、ユーザのインタラクション欲求を高める要因に関する先行研究を概説した。まとめると、従来研究では主に以下を検討してきたといえる。

- (1) システムのデザインやふるまいを人に近付ける
- (2) メッセージの新奇性を高める
- (3) メッセージの音響的特性や言語的特性を人に近付ける

これらの試みは実際に成果を挙げているが、以下の問題点が指摘できる。

(1)に関して、渡辺らは、従来のアプローチは設計者が主観に基づいて人に近い特性を選んでシステムに実装しており、期待した通りのインタラクションを実現できないと述べている[29]。また、Berry らが指摘しているように、先行研究ではタスク及び評価方法が研究によって異なり、結果に関しても矛盾したものが多く、タスクやインタラクションの環境に依存すると考えられる[48]。たとえば、システムが提示するキャラクタのデザインは人に近づければいいわけではなく、システムの機能や動作と合ったデザインが必要であることが示唆されている[12]。Berry らはタスク及び評価指標を統一することを提案し、情報推薦のタスクについて、身体化エージェントの感情的な表情とメッセージの内容の要因間の影響の検討を行った。その結果、身体化エージェントはテキストのみを提示する従来型のシステムに比べて有益さ・好ましさの評価が高かったものの、表情と内容が一致していない条件では

メッセージの内容がユーザの記憶に残らないことが分かった[48]。外観から予測される機能と実際の機能と一致していない場合ユーザは失望を覚え、システムに対する信頼感が下がる。そのため、人が人工物に対する興味を維持し、かつ人工物からの働きかけを受け入れるためのデザインの要因は、コミュニケーションの環境やシステムの行動、タスクの内容に大きく影響を受けると考えられ、環境に応じた詳細な探求が必要といえる。すなわち、一般性の高い要因の抽出が困難であるといえる。

(2)に関して、新奇性の高いデザインは、短期的にはユーザの興味を引いたり、発話を受け入れやすくなったりするものの、長期的な利用においてはユーザはシステムに慣れてしまい、新奇性の効果が軽減してしまう可能性が指摘できる。また、新規性の高い話題に関しても、従来研究において一定の成果をあげてきたが、対話において人の継続要求を高める要因が明確になっていないため、ユーザの興味を引く発話内容を作るには人手によるか、大量のデータからの場当たりの生成による方法が主流であり、長期的なサービスを展開する上で、システムとして一貫性のある形で、新奇性を長期間維持することが難しいという問題が指摘できる。

1.4. 我々のアプローチ

1.3. で述べた理由により、本論文では音声対話エージェントシステムのデザインや新奇性は分析の対象とせず、前述の(3)「メッセージの音響的特性や言語的特性を人に近付ける」に着目する。これらの要因は比較的タスク非依存であり、飽きの効果も少ないと仮定した。同様のアプローチは[58]でも提案されており、前述したように人のインタラクション欲求を高める音声対話システムの音韻の要因について検討されているが、これまで十分な検討は行われてこなかった。また、ユーモア発話を行うエージェントシステムが提案されている[41][42]ものの、ユーモア表現のどのような要因が対話継続欲求を高めているのかに関しては議論の余地がある。

そこで我々は、人が人同士の対話で行っている対話戦略の中でも、特にメッセージの音響的特性や言語的特性を分析することで、ユーザのインタラクション欲求を高める音声対話エージェントシステムの発話生成モデルを提案することを目指す。本研究では、インタラクション欲求の中でも「相手とのインタラクションをどの程度続けたいか（以下、継続欲求）」および「相手の働きかけをどの程度受け入れたいか（以下、受諾欲求）」の二点に絞る。これらは先行研究の知見もある程度多く、音声対話エージェントシステムの設計の上で重要な要因と考える。次節で我々が提案する、ユーザの継続・受諾欲求を高める対話戦略のモデルの詳細を述べる。

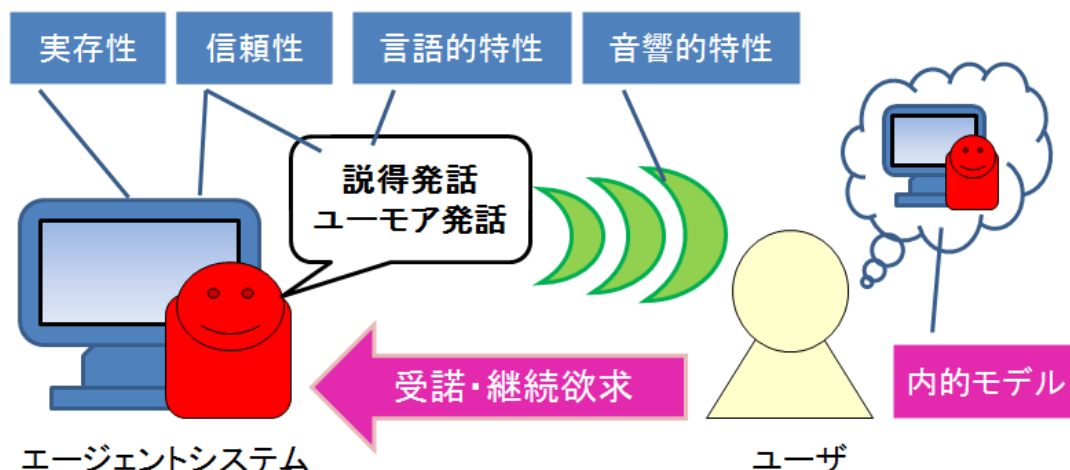


図1 ユーザの受諾・継続欲求を高めるエージェントの対話戦略モデル

1.5. 継続・受諾欲求を高める対話戦略のモデル

長期間にわたって関係性を維持している人同士は、必ずしも新奇性の高いインタラクションや権威付けられたインタラクションを行っているわけではないが、続けたい、聞き入りたいと感じる対話の手法が確立している⁷。たとえば、健全な人同士の日常対話を対象とした研究では、肯定的な発話[34]が対話を長続きさせることや、社会性（ソーシャルスキル）の高い話し手が行っている「質問を多くする」「神経質な印象を与えない」といった対話戦略が、聞き手に感じの良い、話しやすい印象を与えることが指摘されている[35]。また、コミュニケーション障害の支援の観点からは、適切な発話速度[36]や発話量の増加[37]が対話を長続きさせるといわれる。これらの対話はインタラクション欲求の高い対話の要件を満たしているといえるが、人工物のナビゲータでも成り立つかどうかは検討されてこなかった。

そこで我々は、このような人同士のインタラクションの音響的・言語的・対話戦略的な特性をモデル化して音声対話エージェントシステムに実装する。我々が提案するモデルの概要を図1に示す。

本研究では、表1の各要因のうち、「信頼性（エージェントの一貫性やメッセージの内容による）」、「対話戦略（言語的特性、音響的特性）」に着目する。先行研究の知見から、これらの要因は比較的、タスクや新奇性によらず一般化しやすいと考える。デザインや実存性の要因はタスクに依存していることが指摘されているが、本研究では2, 3章でエージェントの「実存性」にも着目して検討している。

1.2.1. で概説した心の理論に基づけば、エージェントシステムと対話したユーザは、システムに対する印象（ユーザのシステムに対する内的モデル、システムモデ

⁷ このような対話は長期間の関係性を維持している人同士でなくても、成立しうると考える。例えば、岡田らは母親のマザリーズ（対乳幼児音声）に対して乳児がなん語や手足の動きで答えるようなインタラクションを例に挙げ、このようなインタラクションの目的は必ずしもお互いの情報交換や相互の発話理解にある訳ではなく、時間や場を共有することで満足し、ちょっとした言葉のやり取りで相手の気持ちや調子を伺い知ることである、と主張している[72]。

ル)を抱く。メディアイクエーション理論によれば、ユーザのシステムモデルが人のモデルに近いほど、ユーザのインタラクション欲求（受諾欲求・継続欲求）は高まると考えられる。この過程を評価するために、本研究では説得対話及びユーモア対話のタスクを設定し、ユーザのインタラクションの受諾行動、継続行動、及びシステムに対する印象（システムモデル）を調べる。

なお説得対話のタスクを設定した理由は、第一に説得対話は聞き手の受諾行動との関連付けが容易である（2.1 で詳述）。第二に、Berry らは先行研究のタスクを「情報の提供」「情報の教示」「情報の提案」に分類し、教示や提供に比べてよりインタラクションの性格が強い⁸「提案」タスクを使用することを提案している[48]。第三に、商品推薦システムや運転ナビゲーションシステムなど、ユーザの意思決定を補助する情報提案システムの需要が高い。そこで本研究でも、これらのシステムへの応用を念頭において、「提案」タスクの一種である「説得対話」を選んだ⁹。

また、「ユーモア対話」のタスクを設定した理由は、ユーモアは人同士の対話においても聞き手の受諾・継続欲求を高めるだけでなく、聞き手の話し手に対する内的モデルと関連付けて定義されるため（4.3 で詳述）、ユーザの内的モデルを制御することでインタラクション欲求を高めようとするメディアイクエーション理論に基づいた検討が可能で、本研究の対象として適切であると考えた。

ただし、人同士の説得対話に関しては、音声対話エージェントシステムに実装可能な、具体的な要因が明らかになっていない。そこで、説得対話のどのような要因が受諾・継続欲求を高めるのかをより具体化するため、本研究では複数の質的・量的な分析手法を導入して多角的な分析を行った。2 章では人同士の説得対話の分析実験を行う。人同士の対話の分析によって得られた知見は人とシステムの対話においても同様に成り立つと仮定する。この仮説を検証するために、3 章ではロボットエージェントを設計し、システム-人間の評価実験を行った。いっぽう、人同士のユーモア対話については、先行研究で十分な知見がある。そのため 4 章では、先行研究の知見に基づいて対話システムを設計し、評価実験を行った。

1.6. 本論文の構成

本論文では 2 章以降で以下の検討を行う。なお、2 章及び 3 章は（株）日産自動車モビリティ研究所との共同研究として実施した。

(1) 受諾・継続欲求を高める説得対話の要因（2 章）

2 章では、人同士のインタラクションにおいて、説得対話が聞き手の継続欲求・受諾欲求に与える影響に関して検討する。手法としては、人と人工物の対話を想定して、その前提となる人同士の対話を観察・分析することによって継続・受諾欲求向上の要因を明確化し、それらの音声対話システムへの実装の可能性を考察する。実環境に近い状況設定で対話観察実験を行うために、本研究では自動車運転環境に条件を絞り、ナビゲータがどのような条件下でどのようなアドバイ

⁸ 情報の提供や教示はユーザが受け身になるが、説得はユーザの行動の選択肢（受諾する／受諾しない）が多いとされる。

⁹ 言語学では、人同士の対話行動を発話行為、発話内行為、発話媒介行為に分け、それらの行為が成立するための前提条件が議論されており（言語行為論）、言語行為論に基づいた情報通信モデルの検討[79]も行われている。ただし、HAI の提案タスクにおいては、言語行為論的な意味で対話が成立することは必ずしも前提条件ではないと考えている。たとえば、ユーザとカーナビゲーションシステムの対話における「音声入力→音声応答」のやりとりは、必ずしも言語行為論的な意味で対話が成立していないが、HAI の観点に立てば対話であり、インタラクションであり、継続欲求の向上が求められる場面であるといえる。

スを行えば、ドライバーがアドバイスを受け入れるのかを明確にすることで受諾欲求を調べる。さらに、ドライバーがどの程度のストレスを感じていたか、またナビゲータのアドバイスをいつまで受け入れ続けたかを評価することで継続欲求を調べる。2.1 では説得対話の先行研究について概説し、分析の目的を述べる。2.2 では自動車運転シミュレーション環境における人同士の対話収録実験について述べる。2.3 では、実験結果の分析について述べる。2.4 では、収録した対話の言語的・音響的分析の結果より、提案受諾を促すシステム提案発話の設計指針を検討する。2.5 では結論を述べる。

(2) 説得対話を行うロボットエージェントの評価（3章）

3章では、2章の知見に基づいて設計されたロボットエージェントシステムの説得発話に対するユーザの対話継続及び受諾行動を調べる。3.1 では分析の目的を述べる。3.2 では提案するシステムの詳細を述べ、3.3 では実験の詳細を述べる。基本的な手続は2章の実験と同じであるが、ロボットインタフェースの特性を考慮して一部の実験デザインを変えている。3.4 では、評価実験で使用したロボットエージェントの発話内容の設計手法に関して述べる。3.5 では実験結果とともに、そこから得たシステム-人間の提案受諾のメカニズムについての考察を示す。3.6 では結論を述べる。

(3) ユーモア対話を行う音声対話システムの評価（4章）

人同士の対話では、継続欲求及び受諾欲求の向上に関してユーモアの有効性が示されている。また、ユーモア発話では聞き手の「話し手に対するモデルを裏切る」ことが重要であると指摘されている。そこで、これら知見が人とシステムとの対話でも成り立つのかを検討する。ユーザのシステムに対する印象モデル（システムモデル）を提案し、それを「裏切る」ことでユーモア発話を実現できると仮定して、音声対話システムに実装して、ユーザの関心、親密感、継続欲求を調べた。4.1 では分析の目的を述べる。4.2 ではユーモア発話に関する先行研究について概説する。4.3 ではユーザのシステムモデルについて述べる。4.4 では本研究が提案するシステムモデルとユーモア表現の詳細と、実験の詳細、実験の結果について述べる。4.5 では結論を述べる。

また、5章では本論文の結論と、今後の課題について述べる。

第2章 受諾・継続欲求を高める説得対話の要因

2.1. 本章の目的と背景

本章では人同士を対象とした対話収録実験を行い、話し手の発話のどのような要因が聞き手の受諾欲求及び継続欲求を高めるのか、及び対話システムへの応用可能性を検討する。対話タスクとして、1.5で述べた理由により、説得発話を選んだ。

社会心理学では、態度を変化させることを目的としたコミュニケーションのことを説得といい、人が相手に説得されるメカニズムを明らかにしようとする試みが行われてきた。[49]によれば、説得を効果的に行うための社会関係的要因として、「受け手の、送り手に対する親密感および信頼感」を挙げ、受け手の送り手に対する理解度が上がるにつれて、親密度が変化するとしている。さらに、説得を効果的に行うための対話戦略的要因として、「送り手（提案を行う側）のメッセージの内容や長さ、声の調子、論点の数など」を挙げている[49]。また、メッセージの内容が優れていること、メッセージを繰り返し伝えること、メッセージ中に修辭疑問文を多く含めたりすることによっても、説得の成功率が上がるとされる[49]。説得に影響を及ぼす言語スタイルとして、[50]では「メッセージの印象（感じのよさ、押し付けがましき等）」、「情報源（話し手・書き手）に対する印象」、「内容の処理過程（内容の理解、推論、議論の吟味）」を挙げている。

本章では、先行研究の知見の中から、人工物に適用可能な以下に注目した。

- ・ 送り手のメッセージの言語的・音響的特徴が、受諾されやすい特性を備える
- ・ 受け手と送り手の物理的・心理的な距離が近い
- ・ 受け手が送り手の専門性に関する知識を持つ

これらの要素のどの要因が聞き手の受諾・継続欲求を高めるのかを明らかにすべく、人同士の対話収録実験によって検証する。具体的には、後述する運転シミュレーションゲームの走行タスクにおいて、人同士の対話を複数組の話者で収録する。自動車運転シミュレーション環境において走行タイムを向上することを対話タスクとし、ナビゲータ役被験者（以下、ナビゲータ）からの提案をドライバー役被験者（以下、ドライバー）が受諾する状況を用意する。その上でドライバーがナビゲータの提案をどれだけ受諾したかによって、ドライバーの対話受諾欲求を評価する。さらに、ドライバーがナビゲータとの対話によってどの程度のストレスを感じていたか、またいつまで提案を受諾し続けたかによって、ドライバーの対話継続欲求を評価する。

なお、従来研究では「提案受諾行動」は受け手の行動の変容によって議論されるが、本研究が分析対象とする自動車運転環境では、受け手は運転行動に注力しているため、送り手のメッセージが提案受諾の心理モデルに合致していても、行動が変容するとは限らない。そこで、本研究では受け手の内的な動機付け（提案を受諾しようとする意図）に注目して、提案受諾意図と相関の強い要因を明らかにする。

先行研究では単純な課題を設定して多数の被験者を対象とした実験を行うことで統計的に信頼性の高い知見を得ているが、本研究では(1)提案受諾に影響を与える要因を探るために、対話以外に多くの時間を費やす必要がある(例えば、2.2.3の(6)

で示すプロトコル収録)こと, (2)提案受諾に影響を与え得る要因は様々に考えられ, それらの組み合わせを実験条件として設定することは現実的に困難であることから, 少数被験者の実験を行う。以上をふまえて, 本研究ではナビゲータからの提案をドライバーが受諾する状況を用意し, 人同士の対話を複数組の話者で収録する。

2.2. 提案受諾対話の収録実験

本研究では, 自動車運転シミュレーション環境に限定して, ナビゲータとドライバー間の対話収録実験を行った。以下に実験の詳細を述べる。

2.2.1. 対話タスク

本実験は「運転シミュレーションゲームの走行タイムを向上させること」をタスクとする¹⁰。ドライバー役の被験者(3名)には, 事前に「自動車を運転して早くゴールすること」が目的である旨を伝える。ナビゲータ役被験者(3名)には, 「ドライバーが早くゴールできるように, あらかじめ設定されたコースポイント(1コースに6~9ヵ所)でアドバイスをを行う」ように指示した。図2.1にコースポイントとアドバイスの例を示す¹¹。コースポイントは, 教示なしではタイムロスなしで通過することが難しい急カーブに設定される。ナビゲータは実験前に十分な走行練習を行い, 各コースポイントでどのように運転すれば最速で走行できるかを理解し, ナビゲータ間で共有している。

ドライバーは車内環境を模擬した運転席に座り, モニタに映し出されるレースゲームをプレイする。ナビゲータは後述する制御因子ごとに異なる位置に座り, ドライバーに対してナビゲーションを行う。一回の収録実験において, ドライバーは1コースを5周走り, ドライバーとナビゲータの両者は自由に対話を行う¹²。ただし, ナビゲータに対しては, 以下を心がけて発話するよう求めた。

- ・ できるだけ相手を説得する様に話す
- ・ 身体的な表現は行わない(具体的には, 「アドバイスは, 口頭でのみ実施すること。立ち上がったたり, 指差ししたりしない」と指示した)

¹⁰ レースゲームはタスク中負荷の種類が等質で, 運転行動の中でもシンプルな条件であるといえる。

¹¹ すべてのコースとコースポイントの詳細は, 付録「2.A コース・ポイント図」を参照されたい。

¹² 当初, ナビゲータ役の対話戦略を統制することを検討したが, 例えばフィードバックの程度や繰り返しの量などの対話戦略は, 話者が意識して制御することが困難である。一方で, 例えばメッセージの長さや, メッセージに論拠を含むか含まないか, 等のパラメータはある程度話者が制御可能と考えられるが, 制御因子が大幅に増えることを懸念して, 統制を行わずに自由な対話から分析によって有効な対話戦略を明らかにする方針に変更した。

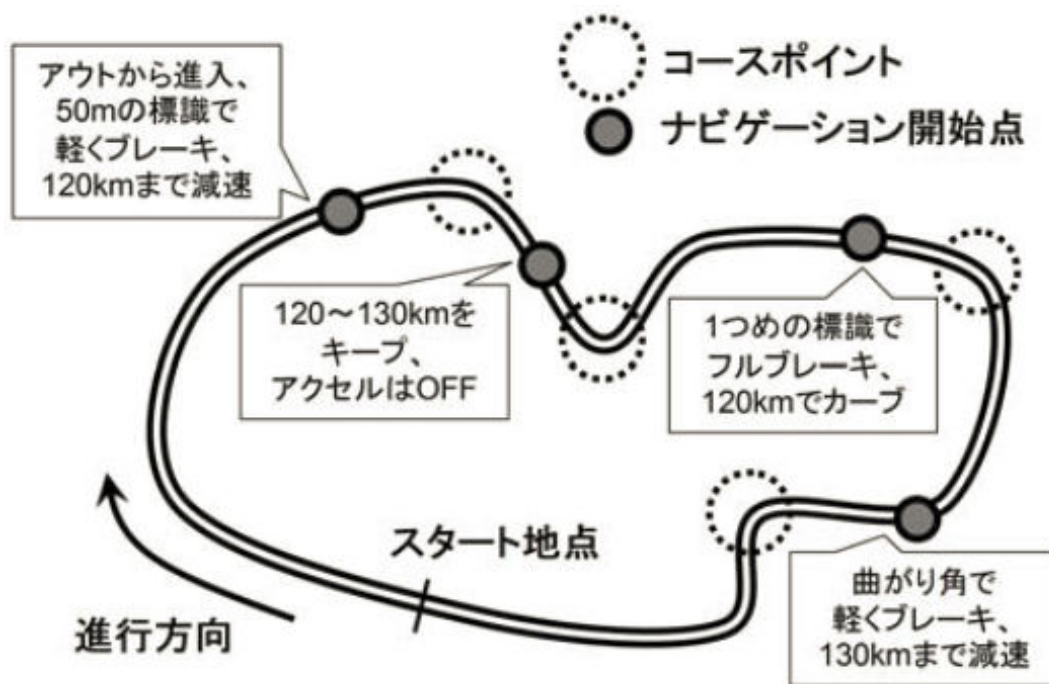


図 2.1 コースポイントとアドバイスの例

人工物への応用を念頭に置き、対話システムで制御困難な以下の発話は禁じた。したがって、ナビゲーションは全て標識、カーブなどのランドマークを基準に行う。

- ・ そこ、それ、などの指示語、および「今～してください」など、瞬時的な指示（「『ここ！』という表現は極力避け、目印（看板など）を伝えてください」と指示した）
- ・ 自己開示的な発話（「自分の運転暦や自家用車の車種など、車に関する自分の情報は発言しないでください」と指示した）¹³。

2.2.2. 制御因子

2.1 で述べた提案受諾モデルに基づき、提案受諾行動に影響すると考えられる以下の条件を設定した。

(1) ナビゲータの個人差

それぞれのナビゲータの性別、声、話し方などが受諾に影響する因子となり得るため、3名のナビゲータの個人差を制御因子として分析対象とする。ただし、ナビゲーション発話の音響的・言語的特性は話者が意識して制御することが困難であるため、これらのパラメータについては自然な発話の中で事後的に解析することでその影響を分析する。

¹³ 送り手の自己開示は受け手の親密感を高めるが[76]、自己開示行動は人工物での再現が困難であるため、本研究では排除した。

表 2.1 ナビゲータの個人差および専門性

ナビゲーター	性別	年代	習熟度	デモ走行の有無
NH	男	20 後半	大	有
NO	男	30 前半	大	無
NT	女	20 後半	小	無

(2) ナビゲータの専門性

ナビゲータに関する事前の知識の量によって、ドライバーのナビゲータに対する信頼感が変動し、提案受諾の可否が変わってくる可能性が予測される。そのため、事前にドライバーに対して「ナビゲータはレースゲームに精通した運転のプロフェッショナルである」と伝えて、ナビゲータの専門性を統制している。その上で、ナビゲータ NH のみ実験の前にデモンストレーション走行（以下、デモ走行）を見せることで、ナビゲータの運転能力についての知識をコントロールした。ナビゲータ NH が高い運転能力を見せることによって、ナビゲータ NH の運転に関する信頼性を高めることにつながると考えられる。なお、対話参加者間の関係性の他の観点については、特に親密度を中心に検討を行ったが今回の実験では制御因子としないこととした¹⁴。表 2.1 に、各ナビゲータの個人差および専門性を示す。なお「習熟度」はレースゲームに対する練習時間の量を示す。

(3) ナビゲータの存在

ナビゲータがドライバーの隣に存在する状況と存在しない状況との違いをみた。ドライバーの隣に存在する状況（存在あり条件）では、ナビゲータはドライバーの斜め後方の位置に座り、肉声で発話を伝える。ドライバーの隣に存在しない状況（存在なし条件）では、ナビゲータはモニタ画面を見ながら、マイクを通して発話を伝える。

2.2.3. 観測因子

本実験では、以下を観測因子とした。

(1) 受諾行動

各周回及び各コースポイントにおいて、ナビゲータの提案に対してドライバーが受諾する意図があったかどうかを評価する。ただし、本実験のタスクは、「早くゴールすること」であり、ドライバーがナビゲータの提案を聞いていないにも関わらず提案と同じ行動をとる場合や、提案を聞く意思があったが指示された行動を行えない場合が有り得る。そのため、後述するプロトコル分析による受諾・非受諾の評価を行った。プロトコル分析の結果、ナビゲータの提案に従う意思があれば「受諾」と判断している。

¹⁴ 本文中で述べたとおり、説得する側の親密性や信頼性は、実験を始める前の段階である程度固定されていることが望ましい。そこで、親密性を固定する方法として「協調課題を実施してその量によって社会関係的要素を統制する」アプローチも検討した。これは、本実験の前に、ドライバーとナビゲータが「お互いの住む町について話し合う」「設定されたテーマについて議論する」「動画映像を視聴する」などのタスクを実施するというものである。ただし、実験時間の制約から、本実験ではナビゲータの専門性に関する情報を事前に与えることで信頼性を統制するのみとした。

(2) ストレス

タスク遂行によるドライバーのストレスの変化を測定する。物理的な測定方法として、アミラーゼ活性計測器（ニプロ社製 COCORO METER, ストレス測定器 CM-1.1）を用いる。また、主観的な指標として運転タスクの自己評価についてのアンケートを行う¹⁵。

(3) タスクの心的負荷

ドライバーがタスクを遂行するうえで感じた心的負荷の大きさを測定する。作業中の心的な負荷の大きさを調べる方法として広く用いられている NASA-TLX 法 [51] を導入する。

(4) ナビゲータに対する印象

ドライバーがナビゲータに対してどのような印象を持ったかを、図 2.2 のアンケートによって調べる。評定語は、パーソナリティ認知に用いられる特性形容詞対 49 組 [52] から本研究のタスクに適していると考えられる 10 対を選んだものと、自動車会社におけるナビゲーションシステムのガイダンスについての評価に用いられる 10 対をあわせたものである。

(5) ナビゲータのメッセージの質

3.4 で詳細を述べる。

(6) プロトコル

一回の実験終了時に、ドライバー、ナビゲータにそれぞれ別室で実験の様子を収録した映像を見せて、実験者が提案および運転に対する思考過程を質問する。また、全ての実験終了時に、評価グリッド法 [53] によるインタビューを行う。図 2.3 に被験者への説明、図 2.4 に評価グリッド法の詳細を示す。本研究は現実の運転環境に近い手続で、提案受諾の要因を多角的に評価・検討することを目的としているため、ドライバーの思考過程を詳細に分析可能なプロトコル分析が効果的である。なお、評価グリッド法による最終インタビューを実施するまで、ドライバー側には実験の正確な意図を伝えていない¹⁶。

(7) その他

ドライバーの生理指標¹⁷、運転挙動（2.4.1 で詳述）、ドライバー自身の対人心理特性¹⁸、提案のタイミング、ドライバーのレーシングゲームの習熟度¹⁹を測定したが、これらは本章の分析対象とはしない。

¹⁵ 付録「2.H 事後アンケート用紙」の後半 6 項目を参照されたい。

¹⁶ 本来ならば、実験者（期待）効果を低減するために、ナビゲータ側にも実験意図を伝えないことが望ましいが、本研究ではナビゲータ役被験者はレースゲームに習熟した共同研究者が行ったため、意図を理解している。これは今後の課題である。

¹⁷ ドライバーの掌の発汗を測定した。発汗の量はストレスや認知負荷の大きさと相関が高く、運転環境での実用性も高い（ハンドルにセンサーを取り付けるだけでよい）。また、被験者の評価懸念（被験者が社会的に望ましい自己像を提示しようとして抱く態度）を取り除く方法としても、生体計測装置を装着させる方法は有効であるとされる（ボーガス・パイプライン）。しかしながら、本研究では走行練習フェーズを設けて順序効果を緩和しつつ、走行練習と本走行との相对比较を行うので、このような方法を取らなくても目的に応じた分析は可能になると考えている。

¹⁸ 付録「2.F 事前アンケート用紙 (kiss-18)」, 「2.G 事前アンケート用紙 (内的作業モデル)」を参照されたい。

¹⁹ 付録「2.I レーシングゲームの習熟度アンケート」を使用した。

No	ナビゲーターに対する評価								
1	親しみやすい	1	2	3	4	5	6	7	親しみにくい
2	感じのよい	1	2	3	4	5	6	7	感じのわるい
3	興味深い	1	2	3	4	5	6	7	退屈な(興味深くない)
4	うちとけた	1	2	3	4	5	6	7	堅苦しい
5	きちんとした	1	2	3	4	5	6	7	いいかげんな
6	積極的な	1	2	3	4	5	6	7	消極的な
7	明るい	1	2	3	4	5	6	7	暗い
8	あたたかい	1	2	3	4	5	6	7	冷たい
9	安心な	1	2	3	4	5	6	7	不安な
10	役に立つ	1	2	3	4	5	6	7	役に立たない
11	わかりやすい	1	2	3	4	5	6	7	わかりにくい
12	受け入れられる	1	2	3	4	5	6	7	受け入れられない
13	強気な	1	2	3	4	5	6	7	弱気な
14	あっさりした	1	2	3	4	5	6	7	しつこい
15	熱心な	1	2	3	4	5	6	7	さっぱりした
16	優しい	1	2	3	4	5	6	7	厳しい
17	賢い	1	2	3	4	5	6	7	愚かな
18	好ましい	1	2	3	4	5	6	7	好ましくない
19	信頼できる	1	2	3	4	5	6	7	信頼できない
20	納得できる	1	2	3	4	5	6	7	納得できない

図 2.2 ナビゲーターに対する印象アンケート
(集計時に得点を反転させ、ポジティブな評価語が高得点になるようにする)

実験を振り返ってのアンケート

今から、実験の様子を撮影したビデオを見て実験を振り返ります。
実験者が提示するシーンを見て、その時に何を考えていたか、何をしたら、ナビゲーターのアドバイスをどう思ったかを思い出して話してください。

例)

- ・ 運転に夢中でナビゲーターの声が聞こえていなかった
- ・ ナビゲーターの言うことはもっともだと思ってしたがった
- ・ 覚えていない
- ・ あわててブレーキを踏んだ
- ・ ナビゲーターの声が聞き取りづらかった
- ・ ナビゲーターの言っている意味がわからなかった
- ・ ナビゲーターのアドバイスのタイミングが悪かった
- ・ 言い方が気に入らなかった
- ・ 疲れていた

できるだけその時の気持ちになって話してください。

図 2.3 プロトコル調査用紙（ドライバーへの説明）

ドライバーに口頭で、横に人がいる場合と、いない場合で、どちらが気に入ったかを順位付けしてもらおう。続けて以下をドライバーに聞く。

- ①_r なぜこちらが気に入った（気に入らなかった）か聞く。
- ②_r OO だとどうして良いか（どんな気分になるか）？（←ラダーアップ）、OO のためには何がどうなっている必要がありますか？（←ラダーダウン）を聞く。
- ③_r その他に気に入った（気に入らなかった）ところがないか聞く。
- ④_r ②と同じ
- ⑤_r 全体的にはこの順位ですが、部分的に下位（上位）アイテムが上位（下位）のアイテムより気に入っている（気に入らない）ところがありますか？
- ⑥_r 回答があれば②と同じ。

図 2.4 評価グリッド法

2.2.4. 実験環境

実験の様子を図 2.5a～2.5c に示す。図 2.5a は自動車運転シミュレーション環境を示している。ドライバーは車内環境を模擬した運転席に座り、大型モニタに映し出されるレースゲーム（ソニー・コンピュータエンタテインメント、GRAN TURISMO 4、プレイステーション 2 用）をプレイする。ドライバーが座る運転席の周囲には 5.1ch サラウンドスピーカと、撮影用のビデオカメラ 3 台（図 2.5a 手前のカメラと、大型モニタ下端）、PCM レコーダー²⁰が設置されている。ビデオカメラはそれぞれ、ドライバー後方からの全景、ドライバーの顔の映像、ナビゲータの顔の映像を撮影する。ドライバー前方には大型の液晶テレビモニタを設置し、ゲーム画面を表示する。

存在あり条件では、ナビゲータはドライバーの左斜め後方の座席に座る。図 2.5b は存在あり条件におけるドライバーとナビゲータの位置関係を示している。走行中、ナビゲータの動作や表情が運転行動に影響を与えることを避けるために、ドライバーからはナビゲータの顔を直接見ることはできない。存在なし条件では、ナビゲータは、運転席から見えないように間仕切りで仕切られた位置にドライバーとは異なる方向を向いて座り、ドライビングの様子がわかるモニタ画面を見ながら、マイクを通して発声しドライバー前方のスピーカーを通して発話を伝える。図 2.5c は両条件のナビゲータの位置の模式図である。

²⁰ 実験時のドライバーとナビゲータの発話を各チャンネルに記録する。



図 2.5a 実験環境（大画面モニタと運転席）



図 2.5b 実験環境（ドライバーとナビゲータの位置関係）
（存在あり条件，ドライバーの左斜め後方がナビゲータ席）

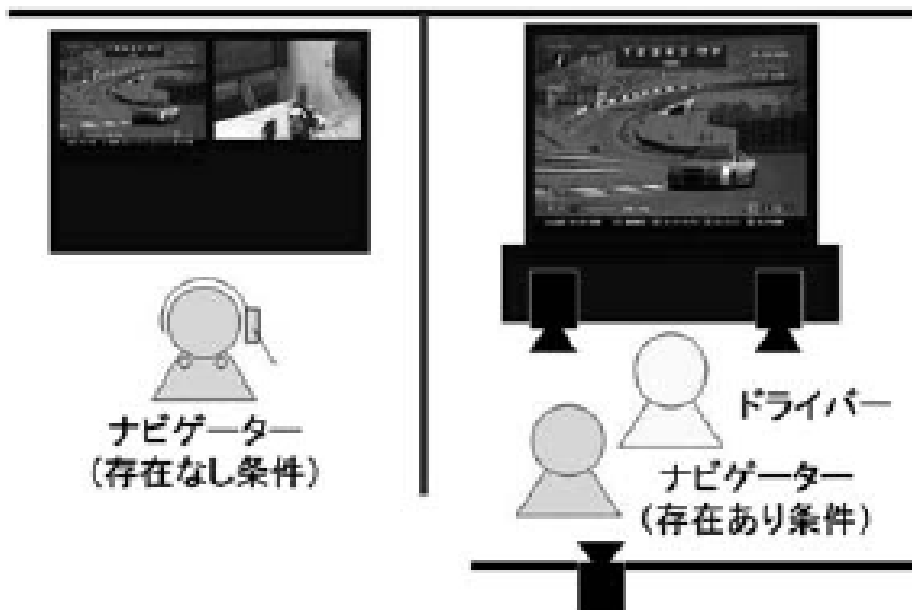


図2.5c 実験環境（両条件のナビゲータの位置）

表 2.2 ドライバーとナビゲータの組み合わせ

		ドライバー		
		DK	DY	DS
ナビゲーター	NH	1 日目	2 日目	3 日目
	NO	3 日目	1 日目	2 日目
	NT	2 日目	3 日目	1 日目

2.2.5. 実験の流れ

3名のドライバーが、それぞれ3名のナビゲータと、制御因子を考慮した2回の対話を行う。各ナビゲータが2種類のコースを担当し、前半のコースが存在あり条件、後半のコースが存在なし条件とする。実験時間の制約上、全ての制御因子の順序をランダム化することはできないため、存在あり・なし条件の実施順序は固定とした。ただし、実験の順序によって慣れの影響が現れないように、各実験の前に十分に走行練習を行い、各コースの習熟度を統制して実験を行った。

3日間で計6コースの実験を行い、それらを観測するためのアンケートや計測を行った。表2.2にドライバーとナビゲータの組み合わせを示す。なお、本実験でドライバーが通過するコースポイントの総数は、47(6コースの合計) × 5周=235である。実験は表2.3に示すスケジュールで行った。

一回の実験の流れを図2.6に示し、以下に詳述する。

表 2.3 実験のスケジュール

	1日目			2日目			3日目		
	ドライバ	ナビゲータ	条件	ドライバ	ナビゲータ	条件	ドライバ	ナビゲータ	条件
9:00									
10:00	DK	NH	存在あり	DK	NT	存在あり	DK	NO	存在あり
11:00			存在なし			存在なし			存在なし
12:00									
13:00	DY	NO	存在あり	DY	NH	存在あり	DY	NT	存在あり
14:00			存在なし			存在なし			存在なし
15:00									
16:00	DS	NT	存在あり	DS	NO	存在あり	DS	NH	存在あり
17:00			存在なし			存在なし			存在なし
18:00									

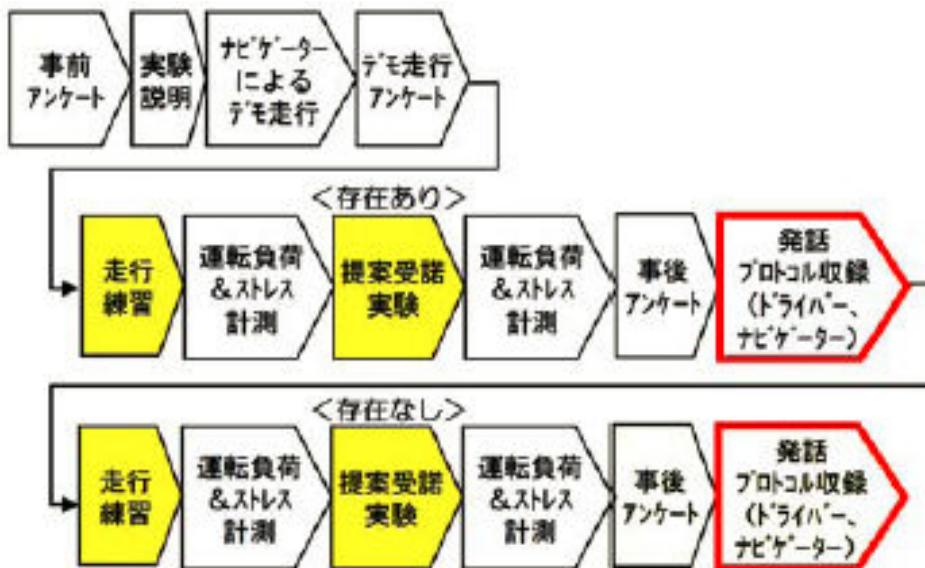


図2.6 実験の流れ

(1) 事前アンケート

ドライバーの対人心理の側面における特性を調べるためのアンケートを行った。心理尺度として広く用いられているものの中から「内的作業モデル」と「Kiss-18」を導入した²¹。

(2) 実験説明

実験の注意やデータの扱いなどについて記した実験の説明書を用意し、実験開始前に待機室でドライバーに閲読させた。

(3) ナビゲータによるデモ走行

ナビゲータのうち一人 (NH) においては、実験前にドライバーの前でデモンストレーション走行 (以下、デモ走行) を行ってもらった。

(4) デモ走行アンケート

(3) のデモ走行の後に、ドライバーに運転を見た後の印象についてのアンケート

²¹ 付録「2.F 事前アンケート用紙 (kiss-18)」及び「2.G 事前アンケート用紙 (内的作業モデル)」を参照されたい。

ト²²に答えてもらった。

(5) 走行練習

コースに慣れるために、ドライバーに 3 週の周回をしてもらった。練習終了後にラップタイムを記録した。

(6) 運転負荷計測

(5) の走行練習におけるタスクの心的負荷を計測するために、ドライバーに、コースを周った際の心的負荷について NASA-TLX 法に基づく方法でアンケート用紙に答えてもらった²³。(8) の実験の後にも同じアンケート用紙に答えてもらった。

(7) ストレス計測

(5) の走行練習における運転負荷を計測するために、ドライバーのアミラーゼ活性の値を専用の機器によって測定した。測定の結果は専用の用紙に記入した²⁴。

(8) の実験の後にも同様に測定した。

(8) 提案受諾実験

ドライバーが自動車を運転して指定されたコースを周回し、ナビゲータが随時、レースタイムを速くするための提案を行う。ナビゲータ役はあらかじめ設定されたポイント²⁵で適宜アドバイスをを行う。ナビゲータ役の提案をドライバー役が受諾したかどうかを、実験者が随時用紙に記録した²⁶。記録した用紙を(10)の発話プロトコル収録にて用いた。また、走行終了後にラップタイムを記録した。実験の様子は 4 画面分割映像にて記録し、(10) の発話プロトコル収録にて用いた。

(9) 事後アンケート

ドライバーに、(8) の提案受諾実験の後にナビゲータに対する評価および運転におけるストレスについてアンケート用紙に答えてもらった²⁷。

(10) 発話プロトコル収録

(8) で記録した実験の映像と提案受諾チェック表を参照しながら、実験者がドライバー、ナビゲータにそれぞれ提案および運転に対する思考過程を質問し、質問への応答をビデオ録画にて収録した²⁸。

2.3. 実験結果

2.2.3. で示した観測因子ごとに述べる。

²² 付録「2.E デモ走行アンケート用紙」を参照。

²³ データの記録は、付録「2.D 運転負荷計測アンケート用紙 (NASA-TLX)」を使用した。

²⁴ データの記録は、付録「2.C アミラーゼ値記入表」を使用した。

²⁵ 付録「2.A コース・ポイント図」を参照されたい。

²⁶ 付録「2.B 受諾チェック記入表」を参照されたい。

²⁷ 付録「2.H 事後アンケート用紙」を参照されたい。

²⁸ 本来であれば運転中のドライバー役、ナビゲータ役の発話プロトコルを収集すべきところであるが、ナビゲーション行為が発話によって行われるため同時の発話プロトコル収録は不可能であり、事後的に回想してもらった形で収録を行ったことを付記する。

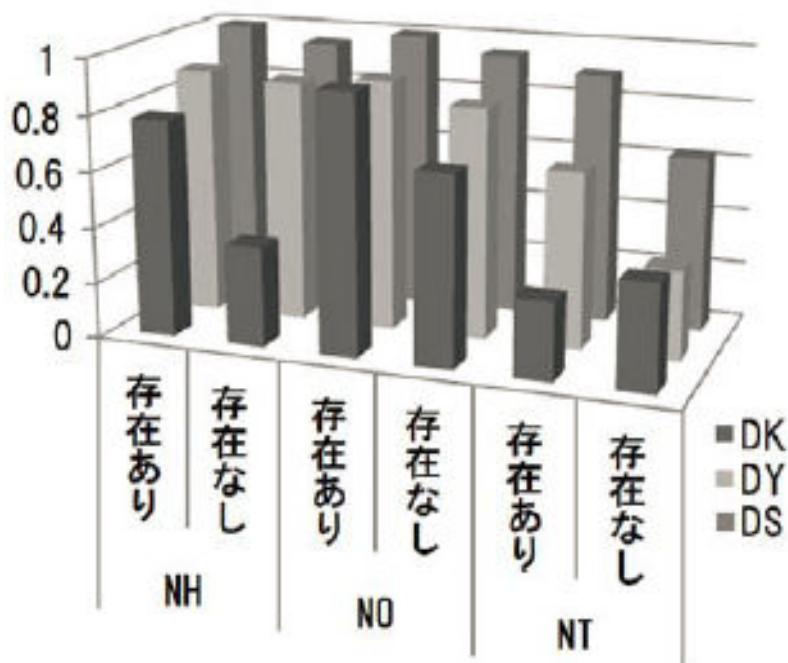


図2.7 制御因子別の平均受諾率の変化

2.3.1. 受諾行為

制御因子別に、ナビゲータの提案に対して、ドライバーがどの程度受諾したか（以下、受諾率）を求めた。図2.7に平均受諾率の変化を示す。

全体の平均受諾率は72%で、ナビゲータ別の平均受諾率はNO(88%) > NH(83%) > NT(52%)の順であった。存在あり条件と存在なし条件とでは、全てのナビゲータにおいて存在あり条件の方が受諾率は高く、平均するとそれぞれ81%と67%であった。また、コースポイントによる偏りは確認されなかった。試行1日目、2日目、3日目の平均受諾率に有意な差はなかった（存在あり： $F(2, 66)=3.14$, $p > .3$, 存在なし： $F(2, 67)=3.13$, $p > .1$ ）。したがって、試行の順番による慣れの影響はないと考えられる。また、運転経験が比較的浅いナビゲータNTは2周目以降、受諾率が大きく下がる傾向が見られた。ドライバーに対する発話プロトコル収録では、NTのナビゲーションの内容およびタイミングが適当でなかったことが述べられているため、表2.1に示したナビゲータNTの習熟度の低さが提案受諾率に影響を与えた可能性がある。したがって、ナビゲータの違いと存在条件は提案受諾に大きく影響を与えているといえる。

受諾率の著しく低いナビゲータNTを除き、残りの2名のナビゲータについて比較したところ、デモ走行を事前に行ったナビゲータNHと行っていないナビゲータNOの平均受諾率に有意差は見られなかった。しかしながら、デモ走行後のアンケートの結果から、NHの専門性の高さを評価する程度はドライバーDS, DY, DKの順に高く、NHに対する受諾率と同じ順序になっており、ナビゲータに関する事前知識の影響についてはさらに詳細に調べることが求められる。

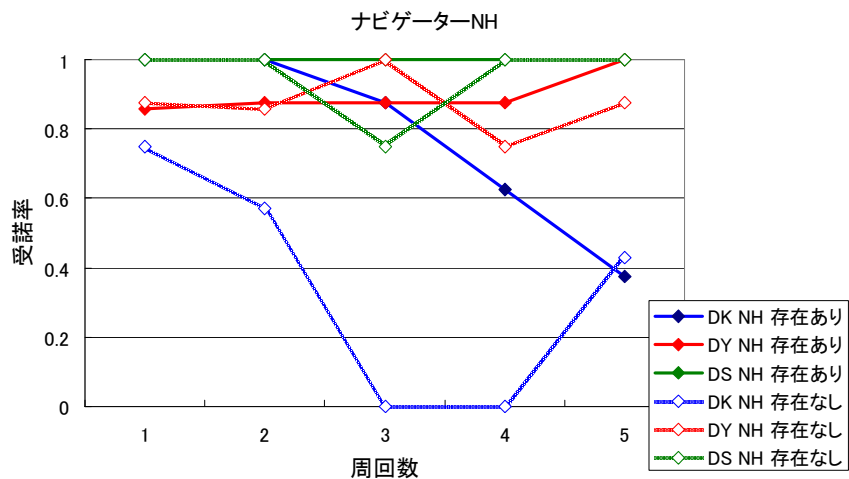


図 2.8 ナビゲータ NH の周回別受諾率の変化

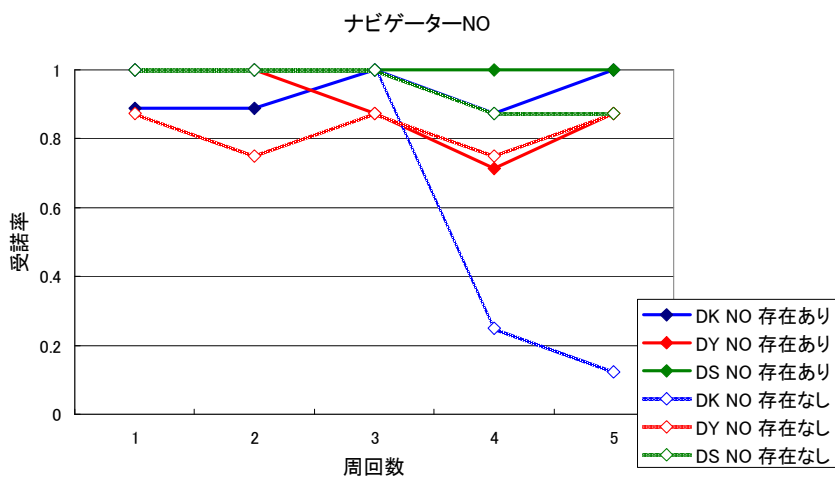


図 2.9 ナビゲータ NO の周回別受諾率の変化

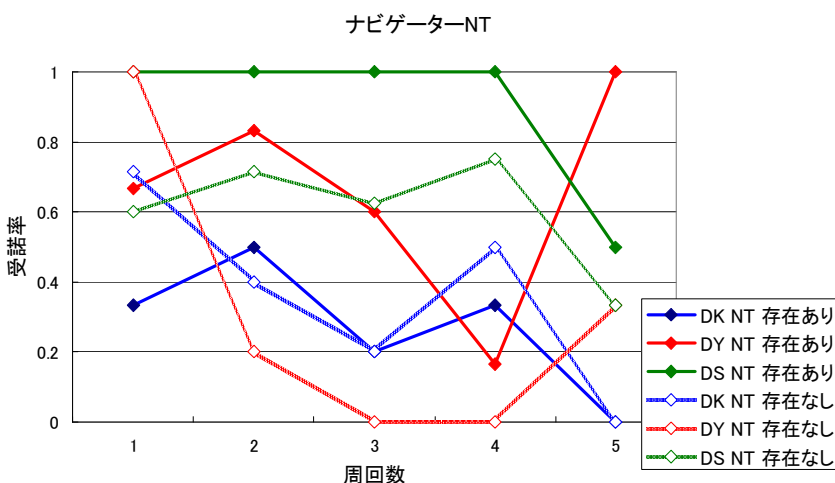


図 2.10 ナビゲータ NT の周回別受諾率の変化

続いて、図 2.8～2.10 に、周回別の受諾率の変化をナビゲータ別に示す。グラフの各点はその周回における各コースポイントの受諾率の平均値である。ドライバー DK のみナビゲータを問わず周回が進むごとに受諾率が下がる傾向が見られる。また、ナビゲータ NT は特に 2 周目以降、受諾率が大きく下がる傾向が見られる。周回ごとの受諾率の低下は、ドライバーのナビゲータとのインタラクションに対する持続欲求が下がったと解釈できる。NT は習熟度の低いナビゲータであるため、ナビゲータ自身の習熟度がドライバーの継続欲求を下げた可能性が高い。

次節においては図 2.7 に示した提案受諾結果をもとに議論する。

2.3.2. タスクの認知的負荷とストレス

図 2.11 はストレス値（アミラーゼ活性値）を示している。本研究では、ナビゲータの訓練時間の制約により、ナビゲータとコースの組み合わせは常に同一である。そのため、制御因子による違いとコースの難易度による違いを分離するために、走行練習後と実験終了後の値の差分（実験時の値-走行練習時の値）をとった。各バーは 3 名のドライバーの平均値、線分は標準偏差を示す。なお、アミラーゼ値について、計測エラーのデータは除外した。

なお、認知的負荷では、存在なし・存在あり条件の有意差がなかった ($p > .2$) ため、図示していない。認知的負荷において有意差がみられなかったのは、データのばらつきが大きいこと、データ数が少量であることが原因と思われる。

ストレスでは、存在なし・存在あり条件間の有意差がみられた ($p < .01$)。発話プロトコル収録でも、ドライバーから「存在あり条件は心理的な圧迫を感じる」旨が述べられていることから、ナビゲータの存在がストレスの増加に影響を与えていることが示唆される。ドライバーにとって認知的負荷及びストレスの高い対話は、ドライバーの対話持続欲求を低下させると仮定できる。したがって存在あり条件は、存在なし条件よりも継続欲求が低い可能性がある。また、発話プロトコル収録によって、同性のナビゲータや、年齢の近いナビゲータの方がストレスを感じない、などの回答も得られた。

2.3.3. ナビゲータに対する印象

ドライバーにとってのナビゲータに対する評価はどのようなものであったかを調べるために、2.2.3.(4) で述べた事後アンケート結果に対して因子分析を行った。アンケートの評価語対の次元数がデータ数を上回ると因子分析を実施できないため、はじめに主成分分析を行って、第一・第二主成分得点が極めて似通っていた評定語対「興味深い」「好ましい」のうち「興味深い」を除去した。また「役に立つ」「賢い」「納得できる」のうち「賢い」「納得できる」を除去した。類似した評価語のうち何を残すかはランダムとした。なお、第一主成分の寄与率は 52.08%、第二主成分の寄与率は 15.99%であった。このようにして作成した 17 の評価語×18 データのアンケート結果の因子負荷量および因子得点を図 2.12 に示す。

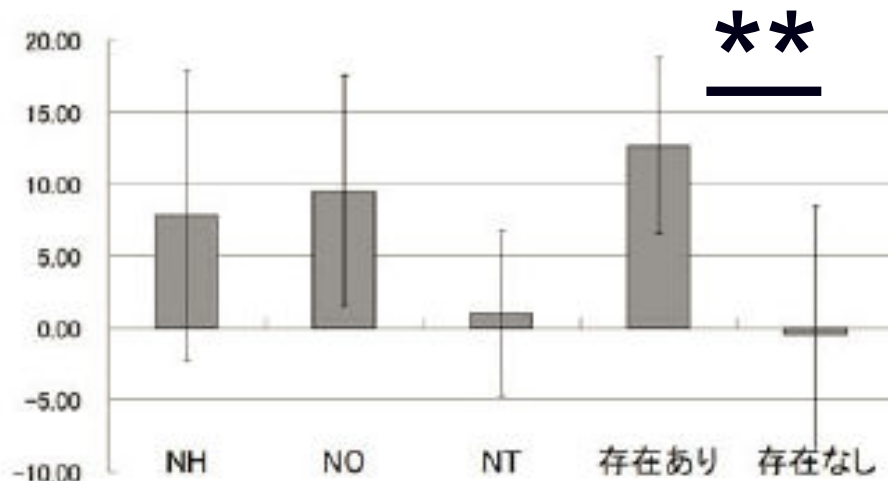


図2.11 制御因子別のストレス値の変化

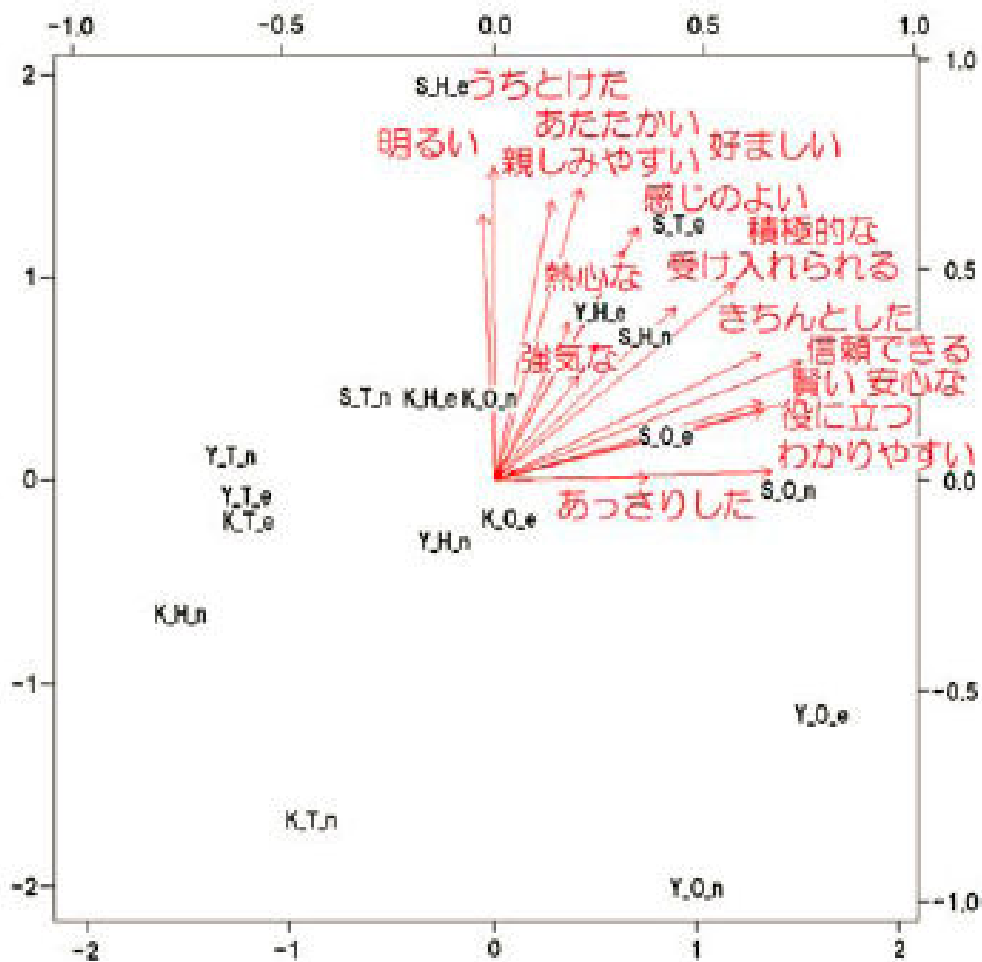


図2.12 アンケート結果の因子負荷量と因子得点 (R による, バリマックス回転後)

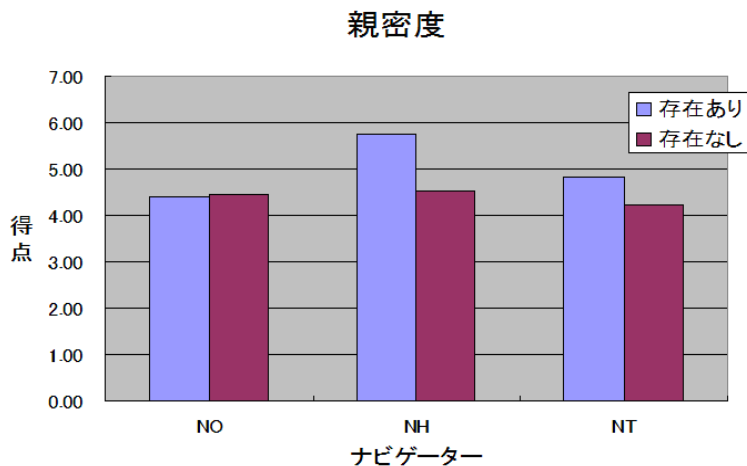


図 2.13 「親密度」尺度因子の事後アンケート平均値

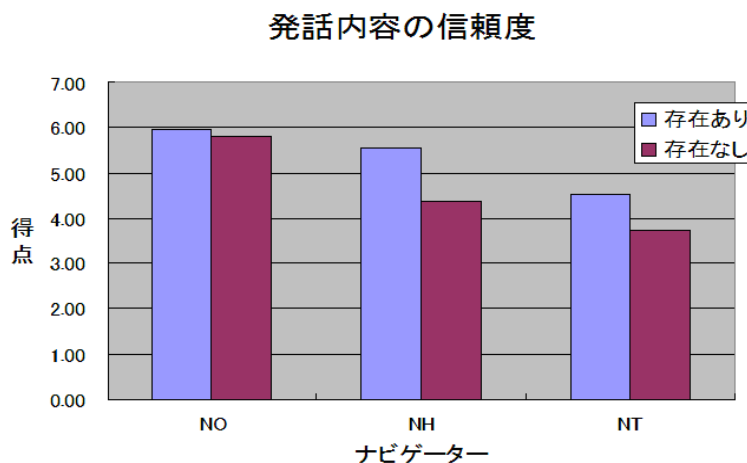


図 2.14 「信頼度」尺度因子の事後アンケート平均値

横軸は第一因子，縦軸は第二因子を示す．矢印は各評価語の因子負荷量をあらわし，互いに相関の高い評価語同士は同じ方向を向き，互いに相関の低い評価語同士は直交する．横軸には「信頼できる」「わかりやすい」「役に立つ」といった評価語が集まっているため，第一因子を「発話の信頼性」と名づけた．また縦軸には「明るい」「親しみやすい」「あたたかい」といった評価語が集まっているため，第二因子を「発話の親密性」と名づけた．図 2.12 のラベルは各データの因子得点を示し，命名規則は「ドライバー__ナビゲータ__存在条件（あり:e, なし:n）」である．

存在条件別にみると，第一因子の有意差はないが ($p > .3$)，第二因子は存在あり条件の因子得点の方が有意に大きい ($p < .02$)．したがって，存在あり条件のほうが「発話の親密性」に関して高い評価を得ているといえる．ナビゲータ別にみると，第二因子の有意差はないが ($F(2, 15)=3.68, p > .2$)， $NH > NT > NO$ の順であった．第一因子は有意差があり ($p < .02$)， $NO > NH > NT$ の順であった．「発話の親密性」の評価が高いナビゲータ NH，「発話の信頼性」の評価が高いナビゲータ NO など，ナビゲータの発話の信頼度と親密度は独立した評価尺度であることが

示唆される。図 2.7 によれば、ナビゲータ N0 が最も平均受諾率が高かった。したがって、ナビゲータに対する「発話の信頼度」の評価が、提案受諾行動に影響を与えることが示唆される。なお事後アンケートの「信頼できる」項目の得点と受諾率にも正の相関があったことからこの示唆の妥当性が示された。親密度については、ナビゲータの受諾率の順位と因子得点の順位は一致していない。

「発話の信頼度」と「発話の親密度」が独立した尺度である可能性が示唆されたため、存在あり条件・存在なし条件について、それぞれの尺度に属する因子の事後アンケート得点の平均値を求めた。結果を図 3.15, 図 3.16 に示す。どちらの尺度も存在なし条件よりも存在あり条件の方がポジティブな評価が得られた。

2.4. ナビゲータ発話の解析

収録した対話の分析を行い、ナビゲータ発話のどのような要素がドライバーの提案受諾行動を促したのかを明らかにする。分析対象となる音声データ 705 発話の書き起こしを行い、言語的・音響的観点に基づいた分析を行った。

2.4.1. カーナビゲーション対話コーパス

言語的・音響的分析を行うために、まず収録した音声の書き起こしを行ない、タグ付けと XML 文書への変換を行った²⁹。書き起こしに際しては、日本語話し言葉コーパス(CSJ: Corpus of Spontaneous Japanese) [54]の基準を採用した。図 2.15 に一例を示す。分析の際に、ナビゲータ役の発話を実験前に定めたコースポイントごとに分ける必要がある。また、ドライバー役の表情や運転行動を分析の対象とすることも考慮して、書き起こしテキストに手動でタグを追加した³⁰。

作業者は 3 名で、実験を撮影した四分割動画を見ながら表 2.4 に従ってタグ付けを行った。タグ付けを完了した書き下し文の例を図 2.16 に示す。続いて書き起こし文を XML 形式に自動変換した³¹。基本的な仕様は CSJ [54]の XML 形式に準拠した。本研究で新しく追加した XML の仕様を表 2.5 に示す。また、変換が完了した XML ファイルの例を図 2.17 に示した。XML 化された文書は XSLT スクリプトによって容易に検索が可能であり、分析の作業を効率良くすすめることができる。例として、コースポイント 3 のナビゲータの発言と受諾情報を取り出す XSLT スクリプトを図 2.18 に示し、実行結果を図 2.19 に示す。周回数、受諾情報、発話内容、の順に出力されている。

²⁹ 書き起こし作業の前に、実験で収録した各種ファイルの名称を統一した。

³⁰ ただし、ドライバーの運転行動の分析は本稿では行っていない。

³¹ 付録「PG.1 XML 変換プログラム (Java)」を参照されたい。

```

<%SOT>
0001 00006.439-00007.110 L:
% 音声なし
0002 00023.224-00024.735 L:
はい & ハイ
大丈夫ですか & ダイジョーブデスカ
0003 00028.770-00029.246 L:
はい & ハ<H>イ
0004 00054.723-00058.069 L:
そうですね & (W ツォ;ソー) (W エス;デス) ネ
七十キロぐらい & ナナジュッキログライ
出しちゃっても & ダシチャッテモ
大丈夫です & ダイジョーブデス
ここは & (W コ;ココ) ワ
0005 00059.516-00060.515 L:
はい & ハイ
そうです & ソーデス
    
```

図 2.15 ナビゲータ音声の書き起こしの例
(ドライバーDS, ナビゲータ NT, 存在なし条件)

表 2.4 ドライバーの運転行動のタグ

タグの表記	内容	開始時間詳細	終了時間詳細
<開始時間-終了時間 Point='番号'>	コースポイントの開始点	そのポイントのナビゲーションが始まった瞬間	そのポイントでの会話(ナビゲーション+フィードバック)が終わった瞬間
<開始時間-終了時間 DActH='笑い'>	ドライバーの表情	笑い・笑い・苦笑いが始まった瞬間	笑い・笑い・苦笑いが終わった瞬間
<開始時間-終了時間 DActU='減速',before='減速前の値',after='減速後の値'>	ドライバーの運転行動	急なスピードの低下があった瞬間(直線・カーブによらず)	スピードの低下が終わった瞬間
<開始時間-終了時間 DActU='加速',before='加速前の値',after='加速後の値'>	ドライバーの運転行動	急なスピードの増加があった瞬間(直線・カーブによらず)	スピードの増加が終わった瞬間
<開始時間-終了時間 DActU='ハンドル'>	ドライバーの運転行動	ハンドルを左右に切った瞬間	ハンドルがニュートラルに戻った瞬間
<開始時間-終了時間 DActU='コースアウト'>	ドライバーの運転行動	走行中車の中心線が道路をはみ出すか、壁を擦った瞬間	車の中心線が道路に復帰するか、擦りがなくなった瞬間
<開始時間-終了時間 DActG='うなずき'>	ドライバーのジェスチャー	うなずいた瞬間(程度の差に関わらず)	うなずきが終わった瞬間
<開始時間-終了時間 DActG='首かしげ'>	ドライバーのジェスチャー	首を傾けた瞬間	首が戻った瞬間

```

%FOLDER02_08021900_L
%<SOT>
0001 00004.845-00007.092 D:
テストテストテストテスト          & テストテストテストテスト
（省略）
0009 00045.558-00045.928 D:
はい                                & ハイ
<00049-00050 DActU='ハンドル'>
<00050-00055 DActU='ハンドル'>
<00052-00054 DActU='減速',before='88',after='67'>
<00055-00057 DActU='加速',before='67',after='86'>
<00055.197-00070.587 Point='6'>
0010 00055.197-00057.108 N:
そうですね                          & (W ソ;ソー) デスネ
次                                    & ツギ
急カーブが                          & キューカーブガ
待っているの                        & マッテイルノデ
<00057-00059 DActU='ハンドル'>
<00057-00061 DActU='減速',before='86',after='54'>
<00059-00063 DActU='ハンドル'>
0011 00059.531-00062.448 N:
（省略）
    
```

図 2.16 タグ付けを完了した書き下し文の例
 (ドライバーDK, ナビゲータ NT, 存在あり条件)

表 2.5 XML の仕様 (CSJ 準拠部分は省略)

要素	属性	内容
Course Point		コースポイント
	CoursePoint Number	コースポイントの番号
	Accepted	受諾・非受諾情報 (1 は受諾, 0 は非受諾, -1 はナビゲーション無し)
	Remarks	注釈
DAct		ドライバーアクション
	DActType	ドライバーアクションの種類 (D は運転, G はジェスチャー, E は表情)
	DriveAct	運転 (“うなずき”, “加速” など)

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<Talk TalkID="080219DKNTEX" DriverID="K" NavigatorID="T" Existence="存在あり">
  <TalkComment>
    <Comment CommentStrings="" />
    <Comment CommentStrings="FOLDER02_08021900_L" />
    <Comment CommentStrings="" />
    <Comment CommentStrings="(SOT)" />
  </TalkComment>
  <IPU IPUID="0001" Speaker="ドライバー" IPUStartTime="4.845" IPUEndTime="7.092">
    <LUW LUWDictionaryForm="テストテストテストテスト" LUWLemma="テストテストテスト
テスト">
      </LUW>
    </IPU>
    (省略)
    <IPU IPUID="0009" Speaker="ドライバー" IPUStartTime="45.558" IPUEndTime="45.928">
      <LUW LUWDictionaryForm="はい" LUWLemma="ハイ">
        </LUW>
      </IPU>
      <DAct DActType="D" DriveAct="ハンドル" DActStartTime="49" DActEndTime="50"
DriveSpeedBefore="" DriveSpeedAfter="">
        </DAct>
        <DAct DActType="D" DriveAct="ハンドル" DActStartTime="50" DActEndTime="55"
DriveSpeedBefore="" DriveSpeedAfter="">
        </DAct>
        <DAct DActType="D" DriveAct="減速" DActStartTime="52" DActEndTime="54"
DriveSpeedBefore="88" DriveSpeedAfter="67">
        </DAct>
      (省略)

```

図 2.17 変換が完了した XML ファイルの例
(ドライバー-DK, ナビゲータ NT, 存在あり条件)

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsl:stylesheet version="1.0" xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
xml:lang="ja">

<xsl:output method="text" indent="yes" encoding="UTF-8"/>
<xsl:strip-space elements="*/>

<!--コースポイント3のナビゲータの発言と受諾情報を取り出す-->
<!--コースポイントを探す-->
<xsl:template match="CoursePoint">
  <!--コースポイント番号が「3」であるものを探す-->
  <xsl:if test="@CoursePointNumber='3'">

    <!--CoursePointの下位要素（descendant::）IPUのうち、ナビゲータの発話を取り出す-->
    <xsl:if test="descendant::IPU/@Speaker='ナビゲータ'">
      <!--周回数を表示-->
      <xsl:value-of select="@CoursePointRound"/>
      <xsl:text>,</xsl:text>
      <!--受諾情報を表示-->
      <xsl:value-of select="@Accepted"/>
      <xsl:text>,</xsl:text>
      <!--1番目のナビゲータ発話を表示-->
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[a]/@LUWDictionaryForm"/>
      <!--2番目以降のナビゲータ発話を表示（なければ空白）-->
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[b]/@LUWDictionaryForm"/>
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[c]/@LUWDictionaryForm"/>
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[d]/@LUWDictionaryForm"/>
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[e]/@LUWDictionaryForm"/>
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[f]/@LUWDictionaryForm"/>
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[g]/@LUWDictionaryForm"/>
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[h]/@LUWDictionaryForm"/>
      <xsl:value-of select="descendant::LUW[i]/@LUWDictionaryForm"/>
      <!--改行記号を表示-->
      <xsl:text>&#x0a;</xsl:text>
    </xsl:if>

  </xsl:if>
</xsl:template>
</xsl:stylesheet>

```

図 2.18 ナビゲータ発話と受諾情報を取り出すスクリプト（コースポイント3）

```

1,0,次は左カーブなので右に寄っててくださいはいそうですね
2,1,次左カーブですね右側に居てそうです
4,0,次左カーブなのでそうです
5,0,はい左カーブです

```

図 2.19 XSLT スクリプトの実行結果

以降の節では、書き起こしテキストと XML データに基づいた分析について述べる。

表2.6 受諾結果と根拠あり発話の関係

ナビゲーター	存在条件	根拠あり発話数	根拠なし発話数	根拠あり発話の受諾率	根拠なし発話の受諾率
NO	あり	10	125	1.00	0.90
NH	あり	28	92	0.89	0.79
NT	あり	29	61	0.69	0.51
NO	なし	3	117	0.67	0.82
NH	なし	36	84	0.72	0.70
NT	なし	16	104	0.56	0.25

2.4.2. 言語的分析

ナビゲータ発話の言語的要因と、提案受諾との関連性について分析する。

(1) 提案の妥当性を判断する根拠の有無

本稿では、「ドライバーにとって運転を行う際の妥当性を示す発話」を「根拠あり発話」と定義した。根拠あり発話の具体例を以下に示す。下線部のように「なぜドライバーが提案された行動をしなくてはならないのか」を述べている発話を、「根拠あり発話」と定義した。

- ・「次は高架の下がちょっと狭くなります。百キロぐらいまで落としましょう」
- ・「次の急な右（カーブ）はコースアウトしやすいので、曲がりが見えてきたらブレーキをしばらく踏み続けて、速度は五十キロぐらいになるまでがんばっててください」

表 2.6 にナビゲータ別の根拠あり発話の有無と割合、受諾結果をまとめた。各実験の各コースポイントの平均受諾率を比較すると、根拠あり発話の受諾率のほうが有意に高かった ($p < .02$)。なお、ナビゲータ NO の存在なし条件のみ、根拠なし発話の受諾率が根拠あり発話の受諾率を上回っているが、この条件では根拠あり発話の数が 3 回しかないため、正確な受諾率が得られなかったことが原因と考えられる。

表2.7 受諾結果と数字出現発話の関係

ナビゲーター	存在条件	数値出現発話数	数値非出現発話数	数値出現発話の受諾率	数値非出現発話の受諾率
NO	あり	95	40	0.95	0.83
NH	あり	91	29	0.80	0.86
NT	あり	10	80	0.60	0.56
NO	なし	79	41	0.85	0.76
NH	なし	80	40	0.71	0.70
NT	なし	11	109	0.45	0.28

(2) 提案受諾結果と数値出現発話の関係

本稿では「具体的な数値での速度指示が含まれている発話」を「数値出現発話」と定義する．表 2.7 に数値出現発話と受諾結果の関係を示す．数字出現発話の平均受諾率の方が，数字なし発話の受諾率よりも有意に高い ($p < .01$)．したがって，発話中に具体的な数値の指示があることが受諾率を高める要因であると考えられる．

(3) フィードバックの有無

実験ではナビゲータの指示を受けてドライバーが運転行動を行った際に，ナビゲータが応答（フィードバック）を返す場合がある．そこで，ナビゲータのフィードバック発話をポジティブとネガティブの二種類に分類して，フィードバックのない発話との受諾率の違いを比較した．本稿では，ポジティブなフィードバックとは，ドライバーの運転行動に対して，好意的な反応を示した発話（例えば「うまいうまい」「そうそう」など），ネガティブなフィードバックはドライバーの運転行動に対して，失敗箇所の指摘や改善点を示した発話（「ちょっと遅かったですね」など）と定義する．なお，ナビゲータのフィードバックはドライバーの運転行動後に行われるものなので，その時点の提案の受諾率には影響を与えないが，その試行全体の受諾率に影響を与える可能性が考えられる．そこで，試行別にポジティブ・ネガティブなフィードバック発話の出現割合と，平均受諾率の相関を調べた．フィードバックの出現率と平均受諾率を表 2.8 に示す．フィードバック発話の出現割合と提案受諾率には正の相関がみられた（相関係数 0.45）．ポジティブ・ネガティブ関係なく何らかのフィードバックを行うことが，全体の受諾率に影響を与えるといえる．

表2.8 コース別受諾結果とフィードバックの種類

ナビゲーター	存在条件	ポジティブなフィードバックの数	ネガティブなフィードバックの数	総発話数	フィードバック出現率	平均受諾率
NO	あり	100	14	135	0.84	0.91
NH	あり	56	17	120	0.61	0.82
NT	あり	40	19	90	0.66	0.57
NO	なし	82	10	120	0.77	0.82
NH	なし	34	7	120	0.34	0.71
NT	なし	19	19	120	0.32	0.29

(4) 提案の語末表現

予備的な検討として、発話の語末表現が受諾率に与える影響を確認するため、語末表現を「～しましょう」「～します」「（～しないと）～できません」「～できます」「その他」の5種類に分類した。表2.9に語末表現の数と受諾結果の関係を示す。ナビゲータによって語末表現は大きく異なるものの、「～しましょう」「～します」と「（～しないと）～できません」といった表現を使用した発話の受諾率が高い傾向がある。「～しましょう」といった発話で明示的に提案する表現を行ったり、「～しないと～できない」といった発話で根拠を説明したりしているために、受諾率が上がった可能性がある。

ただし、「（～しないと）～できません」などの語末表現は根拠あり発話と共起する可能性がある。根拠発話との相互作用の確認や、その他の語末表現の分析は今後の課題である。

表 2.9 受諾結果と語末表現の関係

語末表現	ナビゲーター	存在条件	全発話数	語末表現発話の数	受諾された発話数	受諾された語末表現発話数	受諾率	語末表現発話の受諾率	それ以外の発話の受諾率
「～しよう」	NO	EX	135	26	123	26	0.91	1.00	0.89
	NH	EX	120	1	98	1	0.82	1.00	0.82
	NT	EX	90	0	51	0	0.57		0.57
	NO	NO	120	30	98	25	0.82	0.83	0.81
	NH	NO	120	3	85	3	0.71	1.00	0.70
	NT	NO	120	0	35	0	0.29		0.29
「～します」	NO	EX	135	23	123	20	0.91	0.87	0.92
	NH	EX	120	25	98	22	0.82	0.88	0.80
	NT	EX	90	5	51	3	0.57	0.60	0.56
	NO	NO	120	37	98	29	0.82	0.78	0.83
	NH	NO	120	53	85	41	0.71	0.77	0.66
	NT	NO	120	7	35	5	0.29	0.71	0.27
「(～しないと)～できません」	NO	EX	135	3	123	3	0.91	1.00	0.91
	NH	EX	120	1	98	1	0.82	1.00	0.82
	NT	EX	90	0	51	0	0.57		0.57
	NO	NO	120	2	98	2	0.82	1.00	0.81
	NH	NO	120	0	85	0	0.71		0.71
	NT	NO	120	0	35	0	0.29		0.29
「～できます」	NO	EX	135	25	123	23	0.91	0.92	0.91
	NH	EX	120	15	98	12	0.82	0.80	0.82
	NT	EX	90	0	51	0	0.57		0.57
	NO	NO	120	20	98	19	0.82	0.95	0.79
	NH	NO	120	20	85	14	0.71	0.70	0.71
	NT	NO	120	0	35	0	0.29		0.29
その他	NO	EX	135	55	123	49	0.91	0.89	0.93
	NH	EX	120	76	98	60	0.82	0.79	0.86
	NT	EX	90	81	51	48	0.57	0.59	0.33
	NO	NO	120	30	98	23	0.82	0.77	0.83
	NH	NO	120	41	85	26	0.71	0.63	0.75
	NT	NO	120	100	35	30	0.29	0.30	0.25

(5) 単語親密度

予備的な検討として、『NTTデータベースシリーズ日本語の語彙特性』（三省堂）の単語親密度表のうち、「音声単語親密度」の指標[55]を使用して、発話の単語親密度を調べた。単語親密度が高いほど、了解性の高い単語の出現頻度が多い発話であるといえる。ナビゲータの発話について ChaSen[56]を用いて形態素解析を行い、単語親密度表と照合して該当する単語の親密度を取得する。

表 2.10 にナビゲータごとの単語親密度の分析結果を示す。

表 2.10 ナビゲータ発話における単語親密度

	NH	NO	NT
全単語数[個]	4738	4867	2602
国語辞典掲載の単語数[個]	2468	2835	1446
全単語中で国語辞典掲載の割合	0.52	0.58	0.56
平均単語親密度	5.53	5.46	5.54
受諾率	0.83	0.88	0.47

なお、実験で得られた発話の中には「パイロン」など、「NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性」に掲載されていないために音声単語親密度の値が得られない単語がある（本データベースは、三省堂の新明解国語辞典第四版掲載の語彙を基本的な対象としている）。本稿では、データベース中に記載のある単語を「国語辞典掲載」とし、平均親密度は国語辞典掲載の語に限定して求めた。図 2.7 と表 2.9 により、ドライバーの受諾率が最も高いナビゲータである NO は、平均単語親密度は最も低いものの、国語辞典掲載の単語を発話した割合が最も高いことが分かる。また、全単語数は $NO > NH > NT$ という結果であり、発話した単語数（すなわち、一回の提案における発話長）が多いほど、受諾率も高いといえる。

2.4.3. 音響的分析

提案発話における音声の印象や発話速度、パワー、ピッチパターンといった音響的要因と提案受諾との関連性について明らかにする。

(1) 印象評価実験

図 2.7 の受諾結果は、運転行動中の様々な要因によって生じたものである。そこで、音響的な特徴のみからその提案を受諾したくなるかどうかを、7 名の学生被験者による印象評価実験によって調べる。音声のみを聞かせて評価させることで音響的・言語的要因のみを評価させることができる。さらに、同じドライバー、ナビゲータで、似た内容を似た言い方で提案しており、かつ 1 つ以上が受諾され、1 つ以上が受諾されなかった提案発話の組を比較分析することで言語的要因も排除し音響的要因のみを分析できる。そのような提案発話は 3 組 7 発話存在した。また、非受諾の要因となる音響特徴量を分析するため、言語的には十分受諾されるように思われるが、運転実験時には受諾されなかった発話を抽出し、そのすべてを分析対象とした。ここでの抽出条件は、単文で意味を理解することができ、さらに「ここは」「次は」などのようにどのポイントに関する提案か明示している、かつ「速度の指定」や「まっすぐに」などのように具体的な走り方についての提案が含まれていることであり、それにあてはまる発話は 6 発話あった（計 13 発話）。

(2) 印象評価の実験手続

前述した 13 個の音声ファイルを順番をランダムにして被験者に 1 つずつ聞いてもらい、それに対し自分がドライバーなら受諾するかどうか、およびその音響的な理由を答えることを求めた。ファイルによって音圧レベルが異なるため、音量の調節は許可した。受諾するかどうかは 5 段階の選択（1. できる限り受諾したい～ 5. できる限り受諾したくない）とし、自由記述による理由の回答は任意

とした。また、実験時には以下の条件を被験者に示した。

- ・ 自分は自動車を運転中である
- ・ 自分はあるコースを走っている
- ・ 目的は少しでも速くコースを回ることである
- ・ 車には自分以外にナビゲータが乗っている
- ・ ナビゲータはコースに関して自分より詳しい
- ・ ナビゲータの指示通りに運転したとき、提案を受諾した、とする

(3) 実験の結果

5段階評価から、「できる限り受諾したい」に5、やや「受諾したい」に4…「できる限り受諾したくない」に1と数値を割り振り、7人の印象評価を平均して印象評定実験における評価結果を求めた。2.2の運転実験と、本節の印象評価実験における評価結果の値を表2.11に示す。実験における受諾・非受諾の結果と、本評定結果の相関係数は0.531であった。

はじめに言語的要因が類似している発話の組を見ると、セッションA、セッションBに関しては受諾された発話と受諾されなかった発話の印象評価結果にほとんど差がなく、運転実験での受諾非受諾の差は音響的な特徴によるものではないと考えられる。セッションCに関しては印象評価においてやや大きな差があり、受諾非受諾の差が音響特徴量に由来している可能性がある。このセッションに対する自由記述を見てみると、コースポイント1では全体的には受諾よりの評価であるが、説明が長すぎる、声の強弱はあまりないなどの回答が見られた。一方コースポイント4では声にメリハリがある、要所で発話を切っているなどの回答が見られた。次に、言語的には受諾させるように思われるが運転実験では非受諾となった発話の印象評価結果を見ると、6発話中5発話で中央の3未満となり、これらの5発話は非受諾の要因となる音響特徴を持っていると考えられる。これらの5発話に対する自由記述アンケートには、声にハリがない、声が小さい、語を伸ばして発音するのが嫌との回答があった。

続いて音声の発話速度、パワー、基本周波数(F0)の分析を行った。F0はSTRAIGHT[57]を用いて求めた。解析結果の例として、印象評価実験において平均受諾率が高かった「ドライバーDS, ナビゲータNO, 存在なし条件(周回数5, コースポイント3)」のF0パターンを図2.20に、平均受諾率が低かった「ドライバーDK, ナビゲータNO, 存在なし条件(周回数5, コースポイント3)」のF0パターンを図2.21に示す。

表2.11 運転実験と印象評価実験における受諾率

音声		運転実験 での受諾 の有無	評価 (7名の 平均)	注釈
セッ ショ ン	コー スポ イン ト			
A	4	受諾	3.13	提案内容と言語 的要素が類似
A	5	非受諾	3.14	
B	2	受諾	3.29	提案内容と言語 的要素が類似
B	3	非受諾	3.43	
B	4	受諾	3.29	
C	1	非受諾	4.00	提案内容と言語 的要素が類似
C	4	受諾	4.57	
D	3	非受諾	2.57	内容が具体的 かつ 言語的要素を 満たしているが 非受諾
D	4	非受諾	2.86	
E	3	非受諾	2.29	
E	4	非受諾	3.00	
E	5	非受諾	2.71	

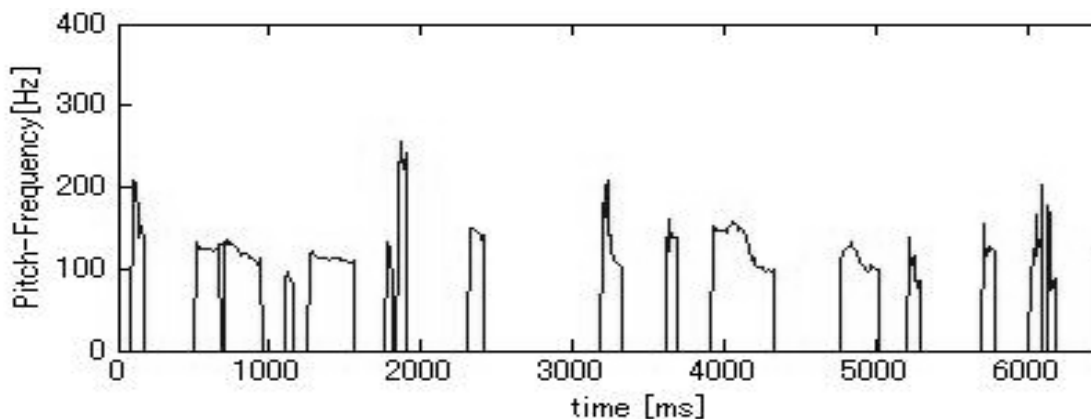


図 2.20 平均受諾率が高かったナビゲーション発話の F0 パターン

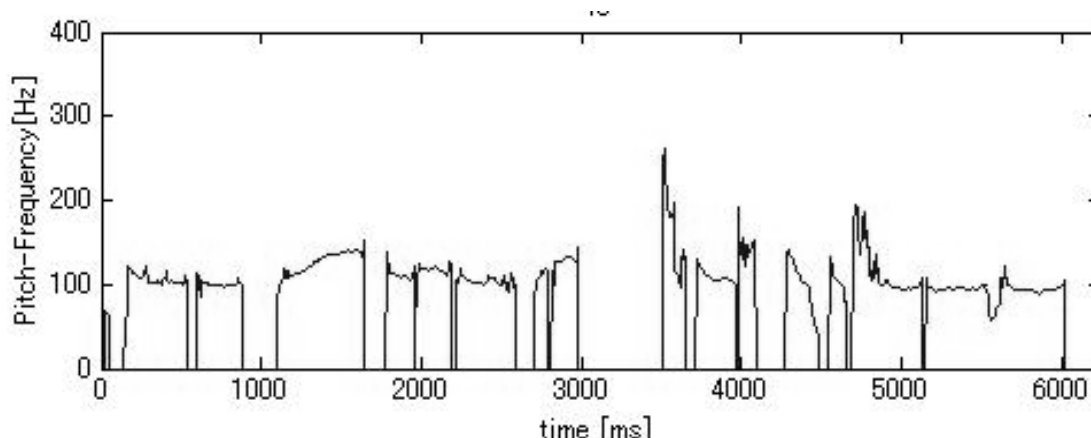


図 2.21 平均受諾率が低かったナビゲーション発話の F0 パターン

印象評価実験における受諾率の高い提案の条件として、F0 のレンジが大きい（200Hz～100Hz）ことが挙げられる。自由記述アンケートの結果より、受諾率の高い提案は「はっきりしたしゃべり方」「声にメリハリがある」という印象を与えることが分かった。発話速度は毎秒 9～11 モーラ程度で最も好印象を得ていた。また、適度に区切られた発話が聞きとりやすいという意見も得られた。一方、印象評価実験における受諾率の低い提案の条件としては、発話速度が遅いまたは速い、句末の伸ばし表現があるなどが挙げられる。発話速度が速いと冷たい、淡々としているなどの印象を与える。逆に発話速度が遅いとやる気がないなどの印象を与えるようである。F0 およびパワーの詳細な解析は今後の課題である。

2.5. 本章の結論

人が相手からの働きかけを長期間にわたって受け入れるに至る要因を解明すべく、自動車運転環境におけるドライバーとナビゲータの対話を分析した。その結果、人が人工物からの提案を受諾するメカニズムのモデル化において有意義な見通しが得られた。はじめに、ドライバーの提案受諾行動とナビゲータへの評価行動の関係を分析した結果、受諾行動に影響を及ぼす要因として、以下を確認した。

- ・ 「内容の信頼性」因子の評価が高いナビゲータの発話が最も受諾される。
- ・ ドライバーがナビゲータの存在を感じられる場合において、提案受諾率が上がる。ただし、ドライバーのストレスも大きくなる。

内藤らはナビゲーションタスクにおいてユーザとエージェントシステムが同一環境にいたことが「エージェントに対する信頼度」及び「受諾率」の向上につながると報告しており[59]、同様の傾向が観察されたといえる。

本研究では、さらにナビゲータに関する知識、認知的負荷・ストレスの影響やナビゲーション発話の言語的・音響的要因の影響を検討した。発話プロトコル収録時のドライバーへのインタビューからは、ナビゲータがドライバーの隣に存在する条件（存在あり条件）の方が提案を受諾しやすい、とドライバーが意識していることを確認した。しかしながら、存在あり条件の方がストレスが大きいといえるため、提案受諾に際して存在あり条件の環境が何かしらの心的な負荷を与えていることが

示唆される。本実験の時間内では、「内容の信頼性」及び「親密性」の高いナビゲータのナビゲーションに対しては、ドライバーの個人差はあるものの、ドライバーの受諾行動が運転タスク終了時まで維持された。しかし、より長期的にみれば、ストレスの大きい対話は継続欲求を下げる可能性がある。言い換えれば、受諾欲求を向上させるにはナビゲータの存在を示すことが有効であるが、それによって継続欲求は低下する恐れがあり、存在あり条件の際のストレスを軽減することが課題となる。発話プロトコル聴取によれば、「内容の信頼性」の高いナビゲータよりも、「親密性」の高いナビゲータの方がストレスの程度は小さいことが示唆される。ただし今回の実験では、両者のストレス値に有意な差はなかった。被験者数を増やした実験を行うことが今後の課題である。

さらに、収録した発話の言語的・音響的分析によって、ドライバーの受諾行動を促すナビゲーション発話の要因として、以下が示唆された。

(1) 対話的・言語的要因³²

- ・ 具体的な数量的情報が含まれる
- ・ 提案の根拠が含まれる
- ・ ドライバーの行動に対するフィードバックが含まれる
- ・ 単語親密度表に存在している単語が多い
- ・ 単語数が多い（発話時間が長い）、ただし長すぎる発話の印象は良くない
- ・ 特定の語末表現が含まれる

(2) 音響的要因

- ・ 基本周波数の変動が大きい
- ・ 適度な発話速度（9～11[モーラ/秒]）
- ・ 適度にフレーズを区切る
- ・ 句末の伸ばし表現をしない

次章では、観察された傾向について人-ロボット間のインタラクションにおける実証を行う。その際、人によるナビゲーションよりもドライバーにストレスを与えずに、提案受諾率を高める要因および対話戦略を検討する。

³² ただし、「ブレーキを踏むタイミングを遅らせる」アドバイスは無視される傾向があったため、提案の種類によって受諾率が異なる可能性がある。今後データの詳細な分析が必要である。

第3章 説得対話を行うロボットエージェントの評価

3.1. 本章の目的

2章の分析によって、人同士の説得対話において、聞き手の受諾行動を促し、対話継続欲求を高める発話の要因の傾向を確認した。しかし、話し手が人工物に置き変わっても、人がインタラクションの対象として人工物を受け入れるのかどうかは明らかでない。そこで本章では、走行中の自動車内で人工物のナビゲータが行った提案がドライバーの行為に影響を及ぼす要因を明らかにすべく、2章の知見に基づいた人工物のナビゲータを設計し、2章と同様の運転シミュレーション環境を構築してシステム-人の行為を観察する。2章と同様に、自動車運転シミュレーション環境において走行タイムを向上することを対話タスクとし、ナビゲーションシステムからの提案をドライバー役被験者が受諾する状況を用意した。また、ドライバーのストレスおよび運転負荷の測定によって対話継続欲求の変化を観察する。

3.2. ナビゲーションシステムのデザイン検討

1.2.2～1.2.3でも述べたように、実験結果にナビゲータシステムの外見や動作などが与える影響は大きいと予想できる。しかしそうした要因を制御した実験を行うのは時間的・物理的に大きなコストがかかるため、本研究ではシステムのデザインの要因は扱わず、既製品のデバイスをそのまま利用することにした。ただし、ナビゲータシステムとして必要最低限な機能を選定するために、以下の3種類のデバイスを使って予備的な評価実験を行った。

- (1) 首振りが可能なカメラ（Sony 製 VISCA EVI-D100）
- (2) スピーカーのみ
- (3) スピーカーを内蔵し、胴体と頭の動作の制御が可能なロボット（NEC 製 PaPeRo）

カメラの条件では、スピーカーは別に用意し、カメラの首振りに合わせてスピーカーを連動する条件（1-a）及びカメラの首振りにスピーカーが連動しない条件（1-b）を設定した。続いて、最適な配置を探るため以下の二条件で検討した。

- (A) 側面に配置（運転者の左斜め前に配置）
- (B) 正面に配置

評価実験は簡易的に、2.2の実験のドライバーK、ナビゲータHの存在あり条件の1, 2周目にナビゲータが行った提案を合成音声で作成し、3種類のデバイスを通して再生した。音声の合成は、ANIMO FineSpeech V2.1を使用した。ドライバーの運転に対するフィードバック発話を行わない。なお、ドライバーは2.2の実験者として参加した大学生3名である。

以上の設定で予備実験を行った。予備実験では、ロボットのナビゲーションを受けながら2.2と同じ条件で運転ゲームを行った。デバイスの順番は、(1)カメラ → (2)スピーカー → (3)ロボットとした。ロボットのナビゲーション発話の開始点は、実験者がゲーム画面を見て判断した。ナビゲーションの際、(1)カメラと(3)ロボッ

トはドライバーに視線を合わせる。首の移動速度は等しくなるようにし、発話が終わると視線を外した。各条件が終わるごとにドライバー間でミーティングを行ない、「デバイスの提案を受諾したいと感じたか」「デバイスの存在を感じたか」「なぜそのように感じたのか」に関して感想を述べた。その結果、以下の意見が得られた。

(1) カメラ

- ・ B 条件（正面配置）の方が、A 条件（側面配置）よりも、より「提案受諾にポジティブな影響を与える」という印象を持った。
- ・ ナビゲーションの際にスピーカーの向きもドライバーに向ける動作（スピーカー連動条件）は、非連動のときよりも、より提案受諾に対してポジティブな印象を持った。
- ・ カメラレンズがナビゲーションシステムの「視線」を感じさせた。
- ・ デバイスの存在を感じた。
- ・ ロボットが小さく、単純な構造をしているために、ナビゲーションに対して意外さや面白さを感じたのかもしれない。

(2) スピーカー

- ・ ナビゲーションの内容は一応聞くが、カメラの方が面白く感じ、より提案を受諾しやすい。
- ・ 走行を続けていると、デバイスの存在は感じられなくなった。

(3) ロボット

- ・ カメラと同程度にデバイスの存在を感じ、「提案受諾にポジティブな影響を与える」という印象を持った。
- ・ A 条件（側面配置）の方が B 条件（正面配置）よりも存在を意識した。
- ・ 正面配置でロボットの動きが目立つ、ナビゲーション時にロボットの耳の LED が点灯する、などの条件では、圧迫感を感じる。目の LED は点灯していないと視線を感じない。

以上の分析より、(1)カメラ及び(3)ロボットの有効性が確認された。インタビューの結果では、両条件に提案受諾に関する優位性はなかった。そこで本研究では、HAI 関連の先行研究も考慮に入れて、(3)ロボットを使って次節の本実験を行うこととした。また、側面配置条件のほうが、(B)正面配置条件よりも存在感を感じたため、(A)側面条件で本実験を実施する。また、ナビゲーション発話に関して、システムが「あっ」などと発話することは、奇妙で面白かったが、必要性については疑問である、という意見が得られた。

以上の検討に基づいて、本実験では人工物のナビゲータとして、スピーカーを内蔵しており、胴体と頭の動作の制御が可能な NEC 製 PaPeRo（図 3.1）を用いた。以下、本稿では実験で使用した PaPeRo を「ロボットナビゲータ」と呼ぶ。



図 3.1 NEC 製 PaPeRo[77]，高さ約 385mm[78]

3.3. ナビゲータ発話の詳細

2.4.2 の分析によって，人同士の対話において受諾・継続欲求の向上に影響を与えるいくつかの対話戦略および音響的・言語的特徴を明らかにしたため，それらの要因に基づき，ドライバーの受諾行動を促すように，また「ドライバーがなるべく早くゴールできるような指示」になるようにナビゲーションシステムの発話を設計した．以下には，発話設計の手続を記す．

3.3.1. 発話テキスト

具体的な発話文設計の手順を以下に示す．

(1) 発話テンプレート作成

2 章の人同士の提案受諾実験において，最も発話を受諾されたナビゲータ NH が行ったナビゲーション発話を基にする．受諾率の低いドライバーでも受諾したナビゲーション発話は，特に信頼性の高い提案であると判断して，最も受諾率の低いドライバー DK と NH の間の対話文を抽出する．各コースポイントの 5 周回分のナビゲーション発話のうち，「ドライバーに受諾され，かつ最も単語数の多い発話」を選択して，そのコースポイントの発話テンプレートとした．図 3.2 に，NH と DK の存在あり条件（インフィニテスウェイ スポーツカーコース）の 1, 2 周目でのナビゲーション発話の例を示す．なお，そのコースポイントで受諾された発話が存在しなかった場合，人手で判断して最も情報量の多い発話を発話テンプレートとした．また，NH がナビゲーションしていないコースについては，発話テンプレートの具体的な数値やランドマークの情報を置き換えてナビゲーション発話を作成した．

- 1周目, コースポイント1
この後の左の後の, 右の急カーブのところは, 時速九十キロくらいで曲がっていくと, うまく曲がれます.
- 1周目, コースポイント2
下った後の左の後の右の所も, だいたい九十から百程度で曲がっていきます.
- 1周目, コースポイント3
次の右のところ, 六十, 七十まで落としてやると楽に曲がれます.
- 1周目, コースポイント4
右の後の左のなだらかなカーブがあります. ここはだいたい百二十キロを維持すると, ちょうどいい位置で走れるようになります.
- 1周目, コースポイント5
この後, 突き当たりの右の急カーブが, 時速六十キロくらい目安にです. カーブが見え始めたら.
- 1周目, コースポイント6
この, ここの左, あ, 右, 次の左のところが, 軽くブレーキを踏んでから.
- 1周目, コースポイント7
この左の後の右のカーブに軽いカーブがあります. ここは時速百四十キロくらいまで落としてやるとうまく曲がれます.
- 1周目, コースポイント8
次の右の急カーブ, 左の, 赤いパイロン二つ目あたりから, ブレーキをふみ始めると, うまく曲がれます. 五, 六十でいけると.
- 2周目, コースポイント1
左で, 次の右がだいたい九十ぐらい.
- 2周目, コースポイント2
はい, 右向かって左の後の右も同じく, 九十キロくらいです. ここでアクセル踏むとちょっと危ないです.
- 2周目, コースポイント3
はい, 右のところが六十, 七十.
- 2周目, コースポイント4
右の後の軽い左のカーブが, 百二十キロぐらいです. 百二十キロをうまく出せていると, ブレーキを踏まずとも, ちょうどいい感じで行けるようになります.
- 2周目, コースポイント5
次の右の九十, あ, 右の急カーブが時速六十, 七十程度まで.
- 2周目, コースポイント6
次の左のところが, 軽くブレーキ.
- 2周目, コースポイント7
左のカーブ, 軽い右のところが百四十です. まあだいたい百四十キロくらいでちょうどいいです.
- 2周目, コースポイント8
次の赤二つ目のところで, 五, 六十キロまで.

図 3.2 NH と DK の対話の例

(2) 単語親密度表に存在している単語に変更

テンプレート中の音声単語親密度表[55]に記載がない名詞を記載のある名詞に変更した（一般的な国語辞書に掲載されているものに変更した）.

例) パイロン（記載なし）→コーン（記載あり）

(3) 具体的な数量的情報を追加

テンプレート中に、走行速度をあらゆる具体的な数値が存在しなかった場合、同じコースポイントの別の周回の発話より数値を取り出し、追記した。なお、2章のプロトコル聴取の結果、「速度の情報はナビゲーションの最初に行ったほうが聞き取りやすい」という意見があったため、数値情報は可能な限りナビゲーションの冒頭で提示するようにした。

(4) 提案の根拠を追加

テンプレート中に「なぜドライバーが提案内容の行動をしなくてはならないのか」の根拠が述べられていなかった場合、同じコースポイントの別の周回の発話より根拠を取り出して追記した。また、「頑張ってください」など曖昧な表現は「減速してください」など、できる限り明確な表現に変更した。1つのコースには6~8のコースポイントが存在するが、発話時間の制約から、全てで根拠を述べることは難しい。そのため、半数を根拠あり発話、残り半数を根拠なし発話とした³³。根拠なし発話は根拠に相当する部分を削除することで作成した。

(5) 語末表現を統一

語末を「~しましょう」に統一した。

(6) 特定の語を削除

予備的な検討の結果、合成音声として不自然な印象のある、文頭の「はい」及び「えーと」「あの」を削除した。また、「左、いや、右」など、言い間違いを訂正した発話は削除して「右」などとした。

(7) 特定の指示語を削除

2章の実験では、ナビゲータ役被験者に対して「これ、それなどの指示語は使わないように」と指示していたものの、実際のナビゲーション発話をみると指示語が使用されている場合があった。しかし2.2.1で議論したように、音声対話システムでは提示のタイミングの制御が難しいため、指示語は除外し、より具体的な指示に差し替えた。

以上の処理の例を示す。図3.3が修正前のテンプレート、図3.4が修正後の発話文である。

³³ 各コースポイントについて、根拠なし、根拠あり発話のどちらかに決めて、同じポイントでは毎回同じナビゲーションを行うこととした（仮にランダムにすると1周目に根拠が分かったから、2週目は根拠なしでも受諾した、となる可能性があるため）。

Coursepoint 1
 はい で また 右の突き当たりが
 左のガードレールが 切れ始めた 辺りから
 ブレーキを 全開で えっと
 七十八キロくらいまで 頑張ります

Coursepoint 3
 で 次の右が 七十キロくらいまで
 行っちゃって 大丈夫です

図 3.3 修正前の発話テンプレート

Coursepoint 1 (根拠なし)
 右の突き当たりは
 左ガードレールが 切れ始めた あたりで
 七十キロまで 落としましょう

Coursepoint 3 (根拠あり)
 次, 右の急カーブは 七十キロまで
 おとしましょう
 ブレーキが よくきくので
 ぎりぎりまで ふまなくて良いです.

図 3.4 修正後の発話文

表 3.1 韻律制御パラメータ (FineSpeech V2.1 の設定)

韻律制御パラメータ	標準韻律	受諾韻律
スピード	7	6
スピードの変化	5	10
ピッチ	3	3
イントネーション	2	4

3.3.2. 発話音声合成

前述の手続きで作成した発話文の音声合成には、音声合成ソフトウェア FineSpeech V2.1 (ANIMO) を使用した。2.4.3 の分析結果より、基本周波数の変動、スピーチレート、フレーズの区切り方、句末の伸ばし表現などの要因が提案受諾に影響を与えることが示唆された。これらを考慮して、提案受諾を促進する韻律（受諾韻律）と標準的な韻律（標準韻律）を用意した。表 3.1 にそれぞれの条件における韻律制御パラメータを示す。なお、これらの数値の妥当性は十分に検証していないため、今後長期的な課題として探求すべきと考える。

音声合成ソフトウェアを用いて、あらかじめロボットナビゲータの発話文を全て音声ファイルとして作成しておく。なお、各コースポイントにつき発話文は 1 つずつで、周回ごとに同じ内容のナビゲーションを行う。実験においては、操作者が各コースポイントの適切なタイミングで音声を再生する。

3.4. 提案受諾対話の収録実験

本研究では、ロボットナビゲータとドライバー間の対話収録実験を行った。以下に実験の詳細を述べる。

3.4.1. 対話タスク

2.2.1 の人同士の実験と同様、走行タイムを向上することを対話タスクとし、ロボットナビゲータからの提案をドライバー役被験者（以下ドライバー）が受諾する状況を用意する。3名のドライバーがロボットナビゲータの指示を受けながら運転を行う。ドライバーには、事前に「自動車を運転して早くゴールすること」が目的である旨を伝え、コースごとに目標タイムを提示した。提案受諾行為に影響すると考えられる制御因子を設定して、3日間で3回の運転実験を行い、アンケートや計測・記録を行った。

3.4.2. 制御因子

本実験の制御因子は以下の通りである。

(1) ロボットナビゲータの存在

ロボットナビゲータがドライバーの隣に存在する状況と存在しない状況との違いを見る。ドライバーの隣に存在する状況（「存在あり」条件）では、ロボットナビゲータはドライバーの斜め前方の位置にあり、ボディーに搭載されたスピーカーからドライバーに発話を伝える。ドライバーの隣に存在しない状況（「存在なし」条件）では、ドライバー後方のスピーカーを通して発話を伝える。

(2) 首振り動作とスピーカー連動

予備実験（3.2）の際、人に置き換えれば口に相当するスピーカーが首振り動作に連動することの影響が確認された。ナビゲータロボットのスピーカーはボディーに搭載されているため、首振り動作とともにボディーを同じ向きに回転させなければスピーカーが連動しない。そこで、ロボットのスピーカーが首振り動作に連動することの影響を確認するために、(1)の「存在あり条件」については、首振り動作にボディーを連動させる（スピーカー連動）条件、連動させない（スピーカー非連動）条件を設けた³⁴。

(3) 提案受諾を促進する韻律

2.4.3 節の分析結果のうち、基本周波数の変動、スピーチレートの効果をあらためて見るために、人同士の実験において提案受諾を促進した韻律（受諾韻律）と標準的な韻律（標準韻律）を用意し、効果の違いを比べた。

3.4.3. 観測因子

以下に観測因子を示す。特に注釈がなければ2章の実験と同じ手続で測定した。この他にも、運転挙動、ドライバーの対人心理特性、提案のタイミングや走行タイ

³⁴ スピーカー連動・非連動条件以外にも制御因子の候補として、音声によるキャラクタ表現（ピッチの抑揚、発話速度、スピーチスタイル、声質）を検討したが、同じデザインのロボットでキャラクタを制御することは難しく、ロボットナビゲータの外見の要因を排除することが困難（他のデザインのロボットにも適用可能な要因の抽出が困難）であるため、制御因子に選ばなかった。

ムなどが提案受諾に関係のある因子として考えられるが、本稿では考察していない。

(1) 受諾行為

周回ごと、コースポイントごとにロボットナビゲータの提案に対してドライバーが受諾したかどうかを評価する。具体的には、実験の様子を収録した映像と、後に述べる実験後の発話プロトコルを参考にして受諾の有無を決定する。

(2) タスクの認知的負荷

ドライバーがタスクを遂行するうえで感じた認知的負荷の大きさを、同様のタスクで広く用いられている NASA-TLX 法[51]によって測定する。

(3) ストレス

アミラーゼ活性計測器を用いてタスク遂行によるドライバーのストレスの変化を測定する。

(4) ロボットナビゲータに対する印象

ドライバーがロボットナビゲータに対してどのような印象を持ったかをアンケートによって調べた。また、ロボットに対する心理的な評価を得るために、日本語版 Love-liking 尺度をエージェント用に適用した改良版[60]を導入した³⁵。

3.4.4. 実験環境

実験の様子を図 3.5 に示す。ドライバーは、車内環境を模擬した運転席に座り、スクリーンに映し出されるレースゲーム（ソニー・コンピュータエンタテインメント、GRAN TURISMO 4）をプレイする。スクリーンには、ドライバー頭上後方に設置された液晶プロジェクタ（EPSON B-6）からゲーム画面を投影する。運転席の周囲には 5.1ch サラウンドスピーカ 5 台と、ビデオカメラ 3 台（ドライバー後方からの全景、ドライバー右側からの映像、ドライバー左側からの映像を撮影する）が設置されている。存在なし条件においては、ロボットナビゲータをブースの外に出し、ナビゲーションはロボットを介さずにドライバー頭上後方の小型スピーカーから出力した。その際、ロボットナビゲータはブース外の椅子に配置し、ドライバーには事前に「ロボットが遠隔からナビゲーションします」と伝えた。

³⁵ 付録「3.B 日本語版 Love-Liking 尺度のエージェント適用版 アンケート用紙」を参照。

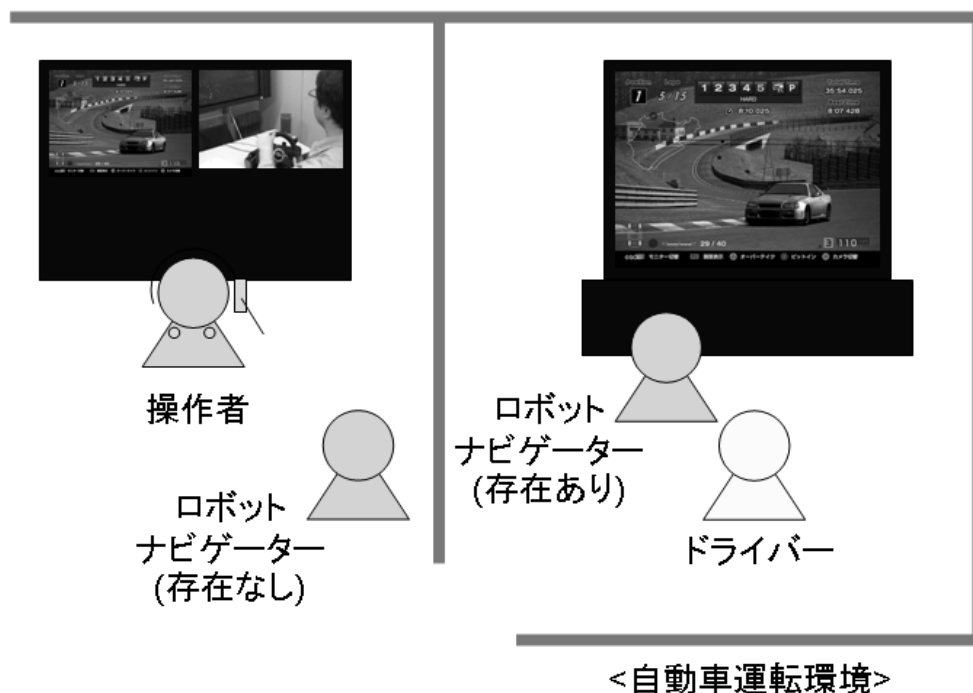


図 3.5 実験環境

表 3.2 実験のスケジュール

(表中, 1~6 はその被験者が行った順番. A~F は下表のコース ID)

被験者	受諾韻律			標準韻律		
	存在なし	存在あり		存在なし	存在あり	
		S 非連動	S 連動		S 非連動	S 連動
DK	1,A	2,B	3,C	6,D	4,E	5,F
DY	3,A	1,B	2,C	5,D	6,E	4,F
DN	2,A	3,B	1,C	4,D	5,E	6,F

ID	コース	車種
A	香港	スカイライン R33GTR
B	東京 R246	スカイライン R33GTR
C	インフィニオン	スカイラインクーペ V35
D	オペラハリ	アコードクーペ
E	ニューヨーク	アコードクーペ
F	コートダジュール	スカイラインクーペ V35

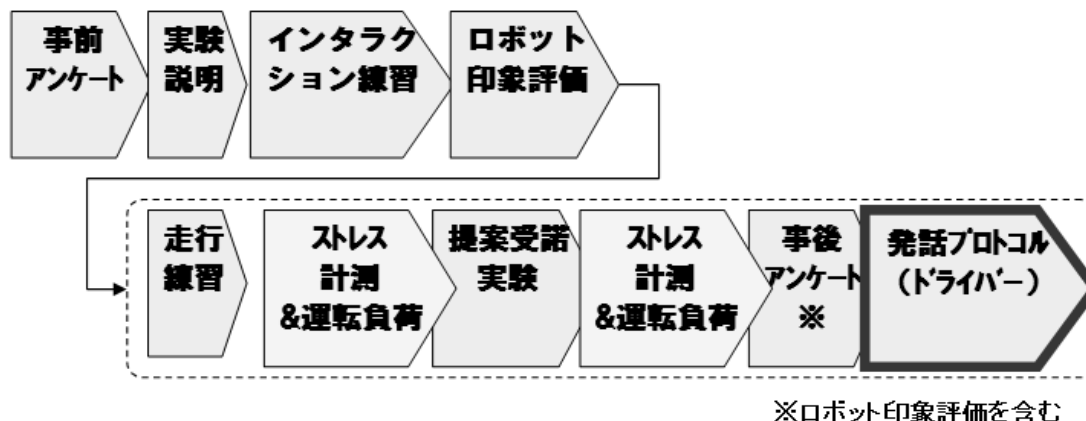


図 3.6 実験の流れ

3.4.5. 実験の流れ

実験は表 3.2 のスケジュールで行った³⁶。

一人のドライバーは、制御因子を考慮した 6 種類のナビゲータロボットと対話を行う。なお、2 章の実験では 3 人のナビゲータのうち一人が事前のデモンストレーション走行を行ったが、その影響が明確に見られなかったため、今回は行っていない。実験の流れを図 3.6 に示し、以下に詳述する。

(1) 事前アンケート

ドライバーの対人心理特性を調べるためのアンケートを行った。また、タスクの認知的負荷計測に用いる各尺度の順位付けをしてもらった。

(2) インタラクション練習

練習走行を行って、ロボットナビゲータに対するドライバーの印象や予備知識を統制した³⁷。具体的には、ゲーム画面上で本番では利用しないコースを走行させ、ロボットナビゲータから簡単なナビゲーションを行うものである。初心者用コースの 1 周 3 ポイントをナビゲーションした。制御因子は「存在あり・スピーカー連動なし」「標準韻律」とした。

(3) ロボット印象評価

ロボットナビゲータに対する印象評価を行った。これらは(7)の「提案受諾実験」の後にも行った。

(4) 走行練習

ドライバーに、コースに慣れるために 2 週の周回をしてもらい、終了後にラップタイムを記録した。

(5) ストレス計測&運転負荷

走行練習における運転負荷を計測するために、ドライバーのアミラーゼ活性の値を測定した。また、認知的負荷について NASA-TLX 法[51]のアンケート用紙に答えてもらった。これらは(7)の後にも行った。

³⁶時間的制約により制御因子とコース種類が独立させられなかった。また、韻律制御有無の順序をランダムにできなかった。

³⁷ ロボットナビゲータに対する印象や予備知識は被験者によって大いに異なる可能性がある。実用の場面では、ロボットナビゲータについての知識が利用者にある程度事前に得られていることが予想されることから、ここではインタラクションの練習を一度行って事前の知識や印象をある程度統制することにした。

(6) 提案受諾実験

ドライバーが自動車を運転して、指定されたコースを周回し、ロボットナビゲータが随時、レースタイムを速くするための提案を行う。ロボットを操作する実験者はあらかじめ設定されたコースポイントで適宜操作を行う³⁸。実験の様子は、設置された3台のカメラとゲーム画面の映像を4画面分割映像にて記録した。また、ラップタイムを記録した。

(7) 事後アンケート

ロボットナビゲータの評価および運転中のストレスについてアンケート用紙に答えてもらった。

(8) 発話プロトコル

(6)で記録した実験映像を参照しながら、実験者がドライバー役被験者に提案および運転に対する思考過程を質問した。本来であれば運転中のドライバーの発話プロトコルを収集すべきであるが、実験と同時の発話プロトコル収録は不可能であり、事後的に回想してもらった形で収録を行った。

3.5. 実験結果

3.4.3で示した観測因子ごとに述べる。

3.5.1. 受諾行為

ロボットナビゲータの提案をドライバーがどの程度受諾したかについて、発話プロトコル収録および実験動画の解析にて記録した。図3.7に結果を示す。全体の平均受諾率は70%で、条件によって56%から82%の開きがあった。また、ドライバー役によっては53%から89%の開きがあった（なお、人同士の提案受諾実験では全体の平均受諾率は72%で、57%から90%の開きがあった）。存在のあり・なしでは、存在あり条件で71%、存在なし条件で68%と、存在あり条件が若干上回った。スピーカー連動とスピーカー非連動については、前者が63%、後者が78%であった。標準韻律と受諾韻律については、前者が73%、後者が67%であった。

ただし、存在条件、韻律条件ともに条件間の有意差はみられなかった。発話プロトコル聴取の結果、韻律の違いはドライバーによっては意識されていなかったが、存在条件の違いは意識されており、提案の受諾しやすさに違いがあるという意見もあったため、より大規模な実験を行うことで有意差があらわれる可能性がある。

³⁸ 制御用プログラムは、付録「PG2 ナビゲータロボット制御プログラム」を参照。

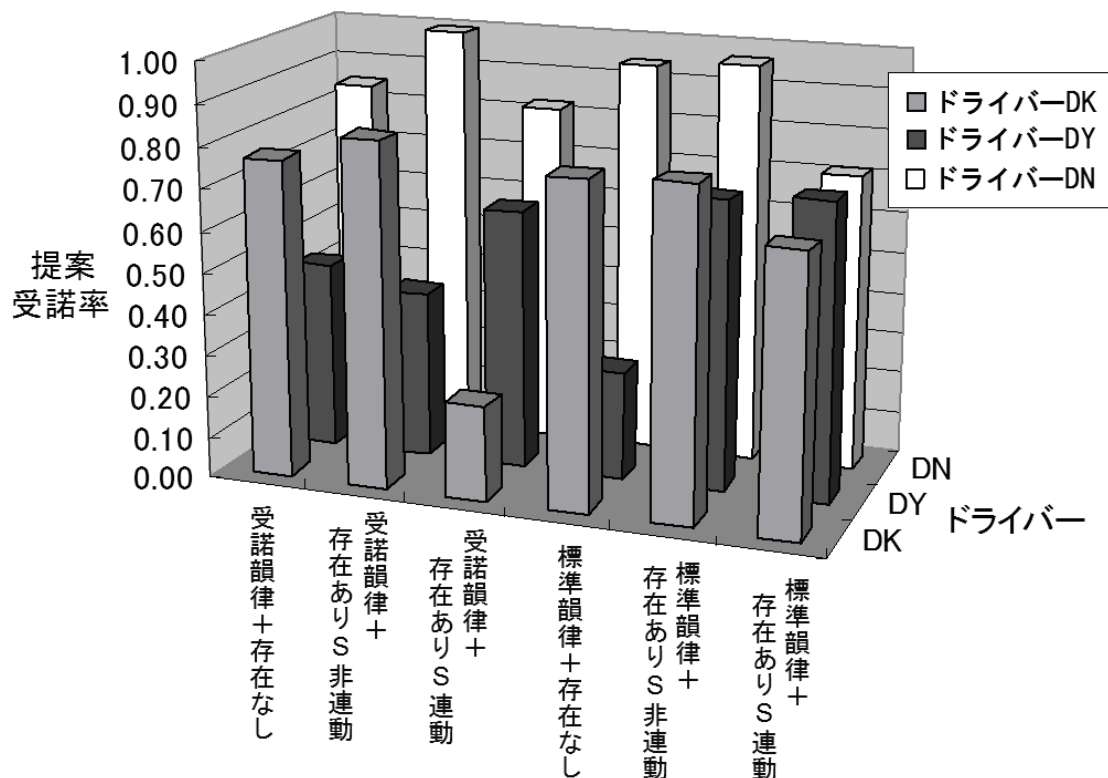


図 3.7 提案受諾結果

3.5.2. タスクの認知的負荷とストレス

コース特性の差を除去するために、走行練習後から実験後にかけての NASA-TLX 値の増分をとったものを図 3.8a に示す。標準韻律条件において、存在あり・スピーカー連動条件で全被験者ともに認知的負荷が増加している。ただし、受諾韻律条件においては必ずしもこの条件で認知的負荷が増加していない。また、存在条件について NASA-TLX 値のドライバー平均をとったものを図 3.8b に、韻律条件について NASA-TLX 値のドライバー平均をとったものを図 3.8c に示す。韻律条件のみ有意差があり ($p < .05$)、受諾韻律のほうが認知的負荷が減少していた。

続いて、図 3.9 にアミラーゼ活性値の増分を示す。受諾韻律はエラーが多いため、標準韻律のみを示した。存在あり・スピーカー非連動条件が最もストレスが低く、実験後のほうが走行練習時よりもストレスの値が低い。逆に存在あり・スピーカー連動条件では、実験後にストレスの値が高くなる。

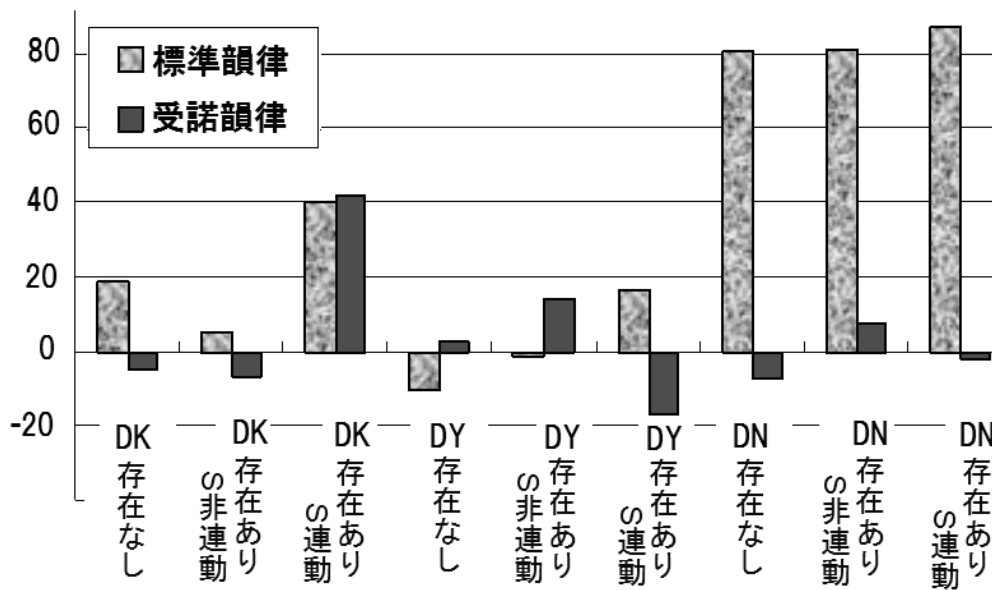


図 3. 8a NASA-TLX 値の増分（実験後-走行練習後）

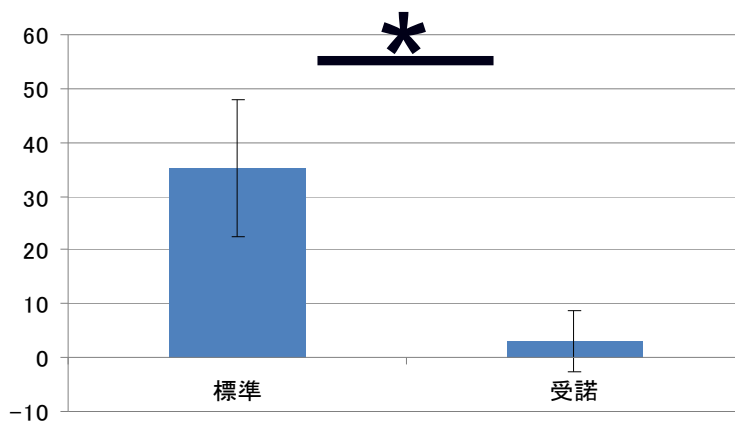


図 3. 8b NASA-TLX 値の増分，韻律条件

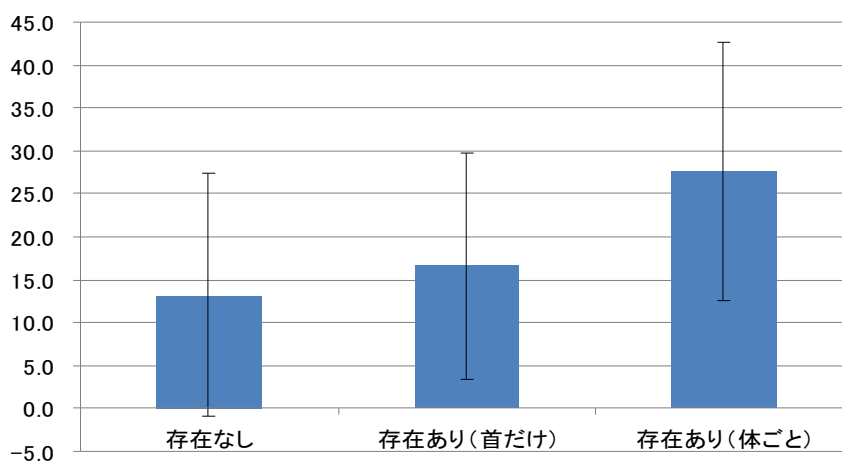


図 3. 8c NASA-TLX 値の増分，存在条件

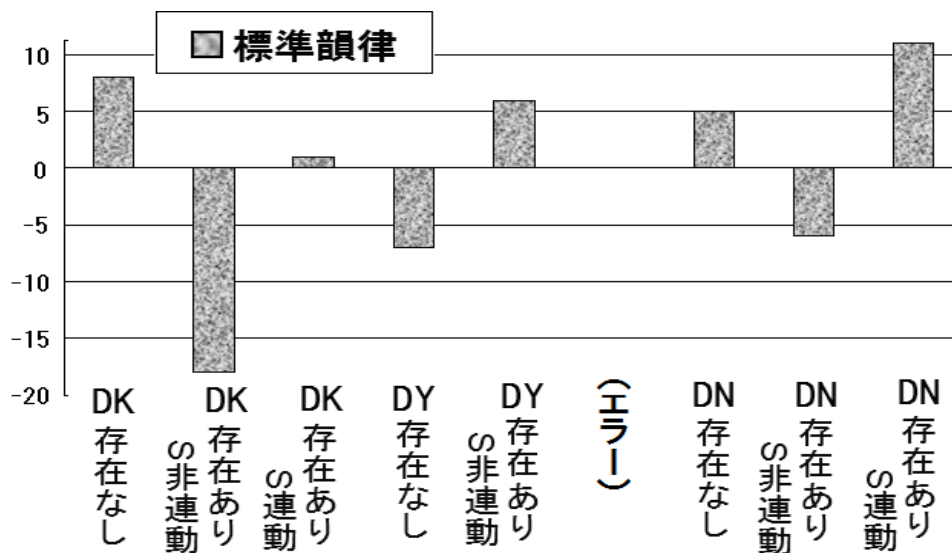


図 3.9 標準韻律条件におけるアミラーゼ値の増分（実験後-走行練習後）

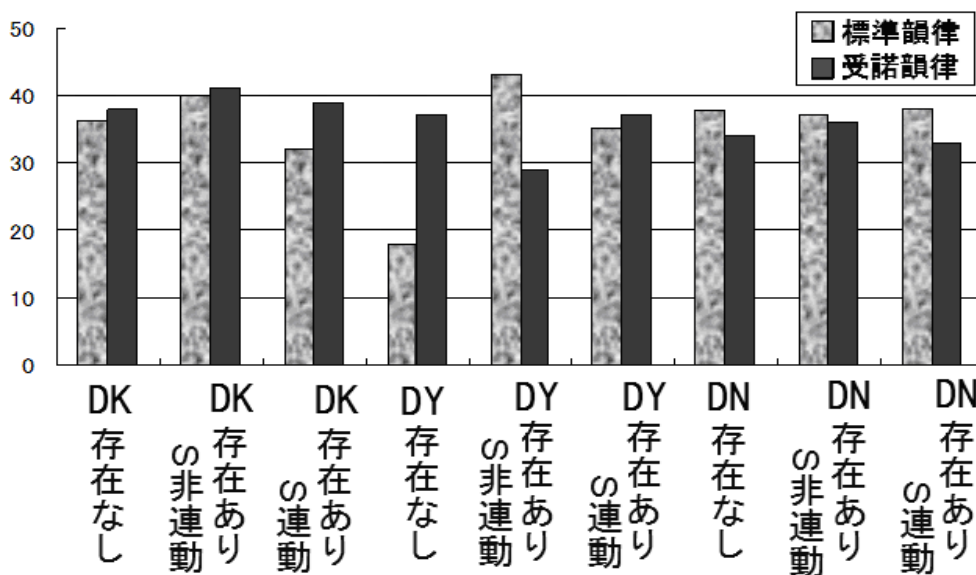


図 3.10 ロボット印象評価の結果

3.5.3. ロボットナビゲータに対する印象

ドライバーのロボットナビゲータに対する印象のアンケートの結果を図 3.10 に示す。図の値は、[60]に基づく 7 つの質問項目（「PaPeRo と一緒にいても、いつもと変わらない気持ちのままだ」、「PaPeRo は適応能力のあるロボットだと思う」、「PaPeRo に責任のある仕事を任せてもいい」、「ロボットの中では良くできたほうだと思う」、「PaPeRo の判断には全面的信頼をおいている」、「PaPeRo はいろんな人に好かれる存在だと思う」、「知っているロボットの中でも PaPeRo は最も好ましいものだ」）を、「非常によくあてはまる」を 9 として 9 段階評価した際の合計である。

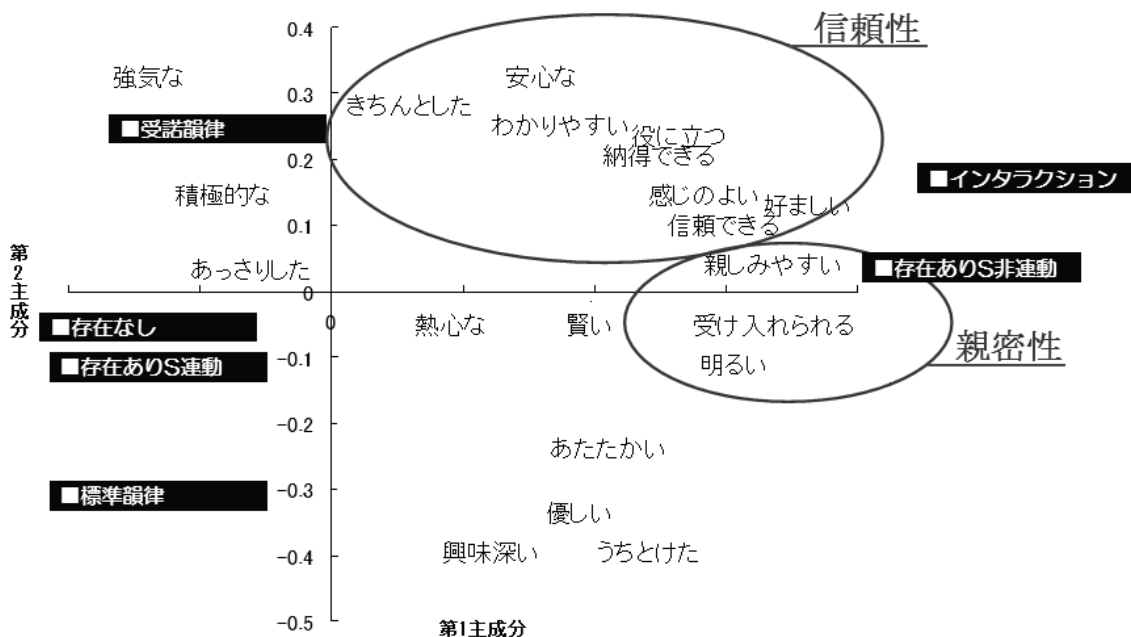


図 3.11 因子分析の結果
(事後アンケートの各尺度の負荷量と制御因子別の主成分得点の平均, JMP による)

被験者・条件間で大きな差はないものの、被験者 DY が、標準韻律条件のときに存在なしと存在あり・スピーカー非運動で大きく異なる印象を持っている。被験者 DK は、標準韻律の場合も受諾韻律の場合も、存在あり・スピーカー非運動に最も良い印象を持っている。スピーカーが運動する、つまり発声と同時に首振りだけでなくボディーも運動する動きは、必ずしも好ましい印象を与えないことがあることを示す。

また、ドライバー役にとってのロボットナビゲータに対する評価はどのようなものであったかを、事後アンケート（図 2.2 と同じ）の結果を用いて分析した。アンケート結果について主成分分析を行った結果を図 3.11 に示す。

日本版 Love-liking 尺度改良版[60]の得点の合計値と、第一主成分（横軸）との相関が 0.65（中程度の相関）であった。そのため、第一主成分がナビゲータに対する親密性や受け入れやすさの総合指標を表していると解釈できる。また、第 2 主成分（縦軸）は発話の信頼性を表していると解釈できる。主成分得点を見ると、「存在あり・スピーカー運動なし」条件は信頼性・親密性因子群との相関が高く、「存在あり・スピーカー運動あり」「存在なし」条件は親密性・信頼性ともに低くなる傾向がある。インタラクション練習の時点では、全ドライバーの親密性・信頼性ともに高い値を示していた。また、受諾韻律条件は信頼性因子群との相関が強い。

ドライバー別にみると、DK はナビゲータに対する信頼性・親密性ともに低かった。DY は条件により評価が変わるがやや親密性が高く、DN は常にナビゲータを信頼しているが、親密性は低かった。人同士の対話に比べて、人とロボットナビゲータの対話では、人がナビゲータにどのような印象を抱くかの個人差が大きいことが示唆される。ドライバーに対するプロトコル聴取の結果によれば、DK はロボットナビゲータの動きを煩わしく感じており、DY はロボットの動きが大きいほど興味と関心を抱

き, DN はロボットの動きには全く関心を示さなかった. ただし, これらの傾向と受諾率との間に相関はみられない.

3.6. 本章の結論

自動車運転シミュレーション環境内において, ドライバーが擬人化された物体を含むナビゲーションシステムの提案を受諾する行為を観察した.

制御因子のうち「受諾韻律」条件は「標準韻律」条件よりも有意にドライバーに与える認知的負荷が小さかった. 発話プロトコル収録時のインタビューからは, 受諾韻律の発話がロボットらしくない違和感のあるものであったという意見もあったが, 発話速度やイントネーションの変動が大きい「受諾韻律」はドライバーの認知的負荷を低減させたといえる. 受諾韻律のどの要因がストレス低減の効果を促したのかを明らかにし, ロボットナビゲータ発話音声の音響的パラメータをより詳細に検討するのは今後の課題である.

また, 制御因子のうち「存在あり・スピーカー非連動」条件の評価が最も高く, ドライバーの受諾率および親密性を高め, 認知的負荷及びストレスを増加させにくい傾向があった (有意な差はなかったが, 事後アンケートの分析結果と発話プロトコル聴取の結果による). なお「存在あり条件・スピーカー連動」条件の評価は全て逆の傾向を示した. 両条件ではロボットナビゲータの動き方が大きく異なり, 発話プロトコル収録時のインタビューからは, 存在あり・スピーカー連動条件のロボットの動きが不自然で目障りだったことが分かっている.

実験の結果, ロボットナビゲータが適切な音響的特性のメッセージを発話し, 適度な存在感を示した場合, ドライバーが提案を受諾する割合が高くなり, 運転の認知的負荷も軽減されることが分かった. 人対人の対話では, 聞き手の受諾欲求を高める話し手は聞き手にストレスを与えてしまい, 受諾欲求と継続欲求はトレードオフの関係にあったが, ロボットナビゲータは合成音声の音響的特性や存在感のコントロールが可能であるため, 人がナビゲーションするよりも容易に, 受諾欲求・継続欲求の双方を同時に向上できる可能性がある.

第4章 ユーモア対話を行う音声対話システムの評価

4.1. 本章の目的

メディアイクエーション理論に基づいた HAI 研究では、音声対話システムのユーザに、人に近い印象（システムモデル）を与えることを目指している。特に本研究では、音声対話システムの対話戦略を人に近づけることで、ユーザのシステムとのインタラクション欲求（特に、インタラクションの継続欲求及び受諾欲求）を高めることを検討している。また、人らしい対話を模倣するだけでなく、人同士の対話において相手の対話継続欲求・受諾欲求を高めることが分かっている対話戦略を音声対話システムに導入することで、ユーザのインタラクション欲求をさらに高めると考える。

そこで本章では、先行研究の知見（4.2 で詳述）に基づき、聞き手の継続欲求・受諾欲求を高めることが分かっているユーモア対話に着目した。ただし、ユーモア発話の対話戦略は聞き手の話し手に対する印象によって異なり、聞き手の話し手に対する印象を「裏切る」ことが重要である（4.3 で詳述）ため、人-システムの対話においてユーザのインタラクション欲求を高めるユーモア表現を設計するには、ユーザのシステムモデルに基づいた検討が必要である。1.2.9 で述べたように、音声対話システムにユーモア発話を行わせる試みはこれまでも多く行われてきたが、ユーザのシステムモデルに関しては十分に検討されていなかった。

4.2 節では、人同士のユーモア対話に対する先行研究を概説する。4.3 節では、人とシステムとの対話におけるユーザモデルの形成過程について述べる。4.4 節では、対話タスクを「しりとり」に限定することでユーザのシステムモデルを推定し、ユーザのインタラクション欲求を高める音声対話システムを提案し、評価実験の概要と結果を述べる。4.5 節で結果をまとめる。

4.2. 受諾・継続欲求を高めるユーモア対話の要因

人同士の対話において、ユーモアを含む表現は対話の円滑化と、聞き手の肯定的な印象をもたらすことが分かっている[61]。そのため、ユーモアを含む発話は継続欲求向上の要因となりうる。また、テレビメディア研究の一貫として、テレビのコマーシャルに含まれるユーモア表現が、視聴者の購買行動をどのように変化させるかが調査されている。その結果、ユーモアは聞き手の肯定的なイメージを誘導し、商品の購入や説得の受け入れも促す効果がある（例えば[50], [62]）ことが分かっている。したがって、ユーモア発話は聞き手の受諾欲求も向上させるといえる。

ユーモアの形成メカニズムに関しては様々な分析が行われており、Morreal は笑いを「予期したパターンに合致しない意外な体験」などの三要素で分類した[63]。村木は小説などで使われるユーモアを「意外な体験」「ないものの提案」「おかしい根拠」「マイナス思考」「唐突」などに分類した[64]。

多くの研究で指摘されているユーモア発話の重要な要因の一つが、「意外性の高さ」である。聞き手に意外な印象を与えるには、聞き手が何を考えているかを予測した上で、その考えを「裏切る」発言や提案を行う必要がある。

4.3. ユーザのシステムモデル

4.2 に基づき、ユーザに意外な印象を与えることでユーモア対話を行う音声対話システムの検討を行う。特に本研究では、メディアイクエーション理論に基づき、ユーザがシステム自体に対して抱く印象（システムモデル）を予測し、それを裏切ることを検討する。

対話システムとのインタラクションの中で、ユーザがシステムモデルを形成する過程について議論されている。近藤らの観察によれば、ユーザのシステムモデルは対話システムとのインタラクションを通して「思考、慣化、適応」の順に変容し、システムからの働きかけがなければ、時間経過に伴ってインタラクションの頻度は徐々に減少していく[22]。[65]によればユーザの「適応」とはユーザがシステムとのインタラクションを通して、そのシステムの印象を形成することである。[26]によれば、音声認識システムの利用においては3～5回の使用でユーザのシステムモデルが構築できるとされる。

ユーザが音声対話システムに対してどのようなシステムモデルを抱きうるのかに関しては、1.2 で述べたように、HAI 分野において様々な観点からの研究が行われているが、特に意外性に関して、[66]によれば、人はそれぞれ持っている相手に関するモデルにそぐわない行動や言動を見たり感じたりした時に、その相手に対して意外だという感情を持つという。

[65]によれば、人、システム双方でお互いのモデルを構築しうる。しかし、人が人に対して抱くモデルとシステムに対して抱くモデルでは、構造や好ましい条件が異なる可能性がある。[67]では2種類の人型ロボット(Robovie, Asimo)と人にあいさつ、頷き、部屋の案内など、同じ動作をさせて、それぞれが人に与える印象を調査した。その結果、人の印象は他2つのロボットよりも低くなった。この結果は、「実験において人はロボットと同じ内容の行動を行ったため、結果的に『部屋の中で正面から初対面の人が無表情でいきなり近付いてくる』といった、人同士では普段あまり行わない行動をすることになったからであり、ロボットの場合には『ロボットである』ということが、このような不自然さを生じさせなかった可能性がある」と解釈されている[67]³⁹。

4.4. ユーザのシステムモデルを裏切る音声対話システム

本研究で提案する音声対話システムは、ユーモア発話として「ユーザが音声対話システムに対して持っているイメージを裏切る表現」を使う。これによってユーザに与える印象を検証し、インタラクション欲求向上との関係を明らかにする。以下、システムの詳細と評価実験について述べる。

³⁹ 「被験者の大半は2つのロボットに実際に対面するのは初めてで、新しい経験を楽しんでいた可能性がある」とも述べられており、ロボットの新奇性の要因が被験者の良い印象をもたらしたのかもしれない。

表 4.1 音声しりとりシステムの意外な応答の種類

応答パターン	ユーモア	詳細
タスクに 関係のある 意外な ユーモア	「る攻め」をする	「る」で終わる単語を3回以上連続で出力
	ユーザーを煽る	音声入力が遅い場合に発話を促す
	負ける	最後に「ん」がつく単語を発話し、 「あ、言っちゃった」と言って負けを認める
	言い直す	「ん」がつく単語を発話し、「今のなし」 「ちょっと待って」などと言い言い直す
タスクに 関係のない 意外な ユーモア	音を連呼する	発話する単語の語頭の文字を連呼して、 悩んでいるように見せかける (「り, り, り, り, り, りんご」のように発話)
	黙る(寝る)	音声が入力されてから10秒間発話せず、 「ごめん寝てた」や「いや寝てないよ、 考えてただけだから」などと言って続ける

4.4.1. タスクとシステムの概要

本研究では、携帯電話などのアプリケーションとして広く普及しており、各人がシステムに対する共通した印象を確立させやすい「しりとり」に着目した。音声しりとりシステムに対してユーザが抱くイメージは、「ボキャブラリーが多くしりとりが強い」「しりどりの単語以外のことは発話しない」ということであると仮定し、これらのイメージを裏切るシステムとして、表 4.1 に示す各種の「意外性の高いユーモア発話」を行うシステムを構築した。

1.2.10. で音声対話システムの「信頼性」に関して議論されており、ユーザのタスク遂行を妨害するような表現は行うべきでないと指摘されている。そこで、ユーモア発話に関してこの知見の妥当性を検討するために、タスク（しりどりの攻め方やルール）に関係のあるユーモアと関係のないユーモア、2 種類の応答パターンを実装した。タスクに関係のあるユーモアはユーザのタスク（ここではしりどりのターン数を増やすこととした）にとって妨害となりうるユーモアである。タスクに関係のないユーモアはタスクの妨害とはならないと仮定したユーモアである。

しりとりタスクは対話以外の要因（例えば「最後まで完了する」という動機）がなく、「対話を続けること」そのものが目的であるため、対話戦略以外の要因がユーザのインタラクション欲求に与える影響を可能な限り少なくすることができる考えた。なお、しりどりの使用に際しては、音声対話ロボットに対するユーザの印象評価実験の先行研究[68][69]を参考にした。これらの研究では、ユーザの発話内容の観察[68]や、ユーザの言い直し行動や対話の円滑さの評価[69]を目的としてしりとりを使っている。

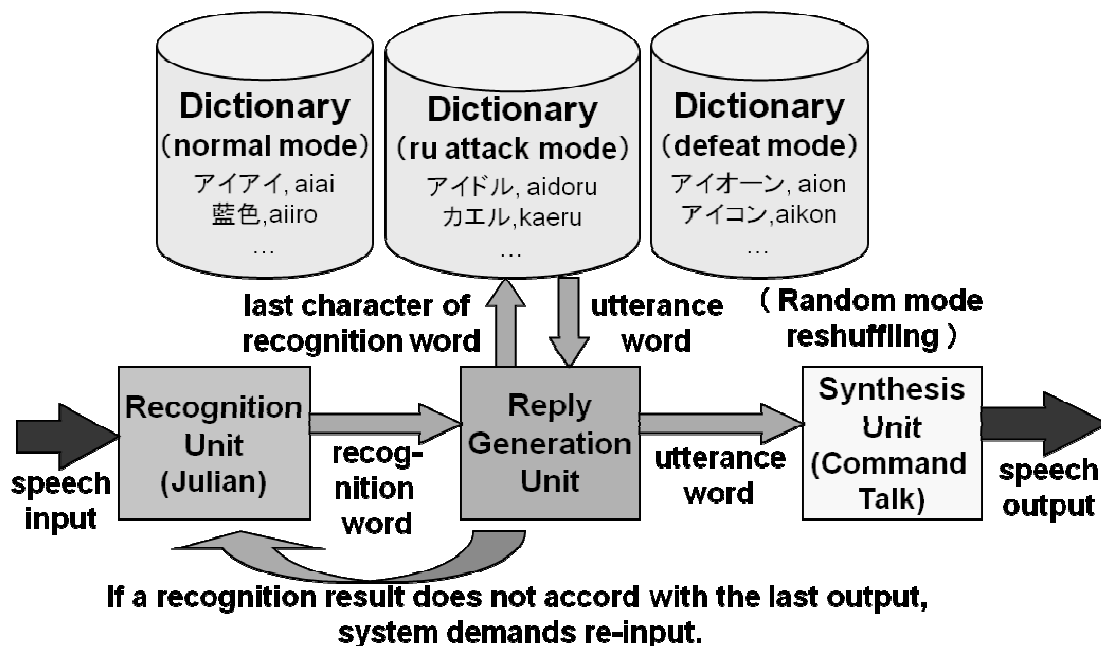


図 4.1 音声しりとりシステムの概要⁴⁰

本システムの概要を図 4.1 に示す。各ユーモア表現はランダムに出現する。

4.4.2. 制御因子

条件 1「タスクに関するユーモアのみ」、条件 2「タスクに関係ないユーモアのみ」、条件 3「ユーモアなし」の 3 条件下での評価を比較する。

4.4.3. 観測因子

ユーザが各システムに対して抱いた印象（システムモデル）を評価するために、各条件の実験終了後に、図 4.2 に示した 20 の形容詞対（音声対話システムの主観評価実験を行った[70]に基づき選んだ 19 語に、合成音声の明瞭性を評価するために「わかりやすい」を加えた 20 語）による SD 法のアンケートに答えてもらった。

さらに、上記指標では直接考慮されない、システムに対する印象の強さと親密感を直接評価するためのアンケートに答えてもらった。これは全条件の終了後に、3 条件の各システムについて、「興味を引く」「テンポがよい」「親しみやすい」「印象に残る」「人間らしい」の 5 項目を不等号によって比較してもらった。

⁴⁰ 本実験で使用した音声しりとりシステムの基本プログラムは、著者のウェブサイト「Windows でしりとりシステムを作る」http://133.9.182.226/~m-kouki/pukiwiki_public/63.html で公開している。

	非常に	かなり	やや	普通	やや	かなり	非常に	
やさしい	+	+	+	+	+	+	+	こわい
親しみやすい	+	+	+	+	+	+	+	親しみにくい
かわいらしい	+	+	+	+	+	+	+	にくらしい
暖かい	+	+	+	+	+	+	+	冷たい
人間的な	+	+	+	+	+	+	+	機械的な
愉快的な	+	+	+	+	+	+	+	不愉快的な
好きな	+	+	+	+	+	+	+	嫌いな
感じのよい	+	+	+	+	+	+	+	感じのわるい
打ち解けた	+	+	+	+	+	+	+	堅苦しい
明るい	+	+	+	+	+	+	+	暗い
充実した	+	+	+	+	+	+	+	空虚な
興味深い	+	+	+	+	+	+	+	退屈な
複雑な	+	+	+	+	+	+	+	簡単な
強気な	+	+	+	+	+	+	+	弱気な
陽気な	+	+	+	+	+	+	+	陰気な
賢い	+	+	+	+	+	+	+	おろかな
わかりやすい	+	+	+	+	+	+	+	わかりにくい
近づきやすい	+	+	+	+	+	+	+	近づきがたい
積極的な	+	+	+	+	+	+	+	消極的な
派手な	+	+	+	+	+	+	+	地味な

図 4.2 SD 法の 20 の形容詞対

4.4.4. 実験の手続

被験者は 19 歳～29 歳の男性 14 名，女性 6 名である。各システムについてしりとりを 15～30 ターンの範囲で行った。15 ターン以降は続けるのもやめるのも自由とすることで，4.4.1 で述べた「対話戦略以外の要因によらずシステムの発話が継続欲求を変化させる」に近い状況を作った。各被験者のシステムに対する最初の印象を統一するために，全ての被験者に条件 3 のシステムを最初に利用してもらい，続いて順序効果を考慮して，半数は「条件 1→条件 2」，残りの半数は「条件 2→条件 1」の順番で実験を行った。実験ではシステムをインストールしたコンピュータの内蔵マイクを使ってもらった。

なお，辞書の未登録語は何度発話しても認識されず，対話の自然性を低下させる可能性があるため，「簡単な二文字以上の単語を使う」ことなどを教示した。また，認識誤りの影響を可能なかぎり排除するため，事前に発声方法の指導を行った。試行中，認識が成功しない被験者には，適宜アドバイスを行なった。

また，音声認識誤りの影響を印象評価から分離するために「音声認識がうまくいかなくていららする場合がありますが，認識率に対する印象は含まないで回答してください。」と教示した。この方法では影響を完全に分離することは難しいが，認識誤りの起こり方は予測不可能で，制御することが困難であるため，この段階の実験としては止むを得ないと考える。認識誤りの影響を完全に分離した実験は今後の課題である。

表 4.2 バリマックス回転後の因子パターン

	因子1	因子2	因子3	因子4
かわいらしい	0.884	0.042	-0.089	-0.058
感じのよい	0.878	-0.033	-0.151	0.070
好きな	0.757	0.232	-0.028	0.135
やさしい	0.720	0.021	0.038	-0.236
あたたかい	0.624	0.351	0.239	-0.356
親しみやすい	0.609	0.473	0.264	-0.077
強気な	-0.594	0.397	0.036	0.171
愉快的な	0.556	0.008	0.066	0.175
派手な	-0.096	0.673	0.020	0.044
充実した	-0.075	0.645	0.053	0.264
明るい	0.238	0.639	-0.013	-0.070
近づきやすい	0.389	0.607	0.308	-0.113
陽気な	0.453	0.568	-0.176	-0.124
人間的な	0.078	0.560	0.378	-0.176
積極的な	-0.088	0.498	0.082	0.096
打ち解けた	0.357	0.461	0.120	-0.415
複雑な	-0.136	0.014	0.629	0.083
興味深い	0.209	0.509	0.545	0.056
賢い	0.096	0.162	0.120	0.726

4.5. 実験結果

結果に対して因子分析を行った。バリマックス回転後の因子負荷量を表 4.2 に示す。なお因子負荷量の値が小さい「わかりやすい」の項目は削除した。因子 1 は、「かわいらしい」「感じのよい」などで因子負荷量が大きくなっているため「内向的親密性」因子とした。因子 2 は、「明るい」「近づきやすい」などより「外向的親密性」因子とした。因子 3 は「好奇心」因子とした。因子 4 は「賢い」で負荷量が大きく、「暖かい」などで負荷量が小さいため「ずる賢さ」因子とした。

因子得点を図 4.3 に示す。図中のバーは各条件、各因子の因子得点の全被験者の平均を示す。タスクに関係ある（タスク遂行の妨害になる）ユーモアは、ずる賢い印象を与え、内向的な親密感が低くなる傾向にある。

また、直接評価アンケートの結果を図 4.4 に示す。図中のバーは各条件について、不等号の高い順に 1, 3, 5 点をつけた得点の全被験者の平均と標準偏差を示す。

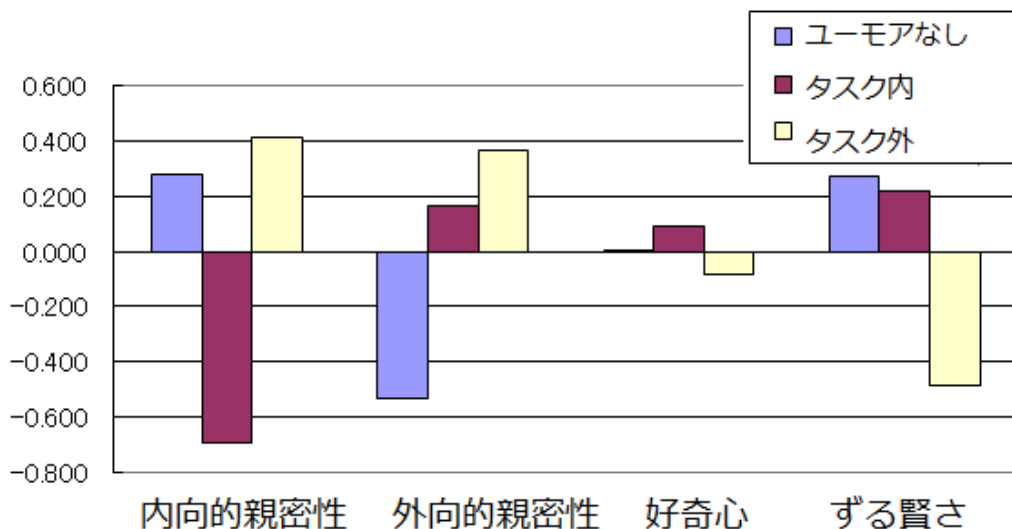


図 4.3 各システムの標準因子得点

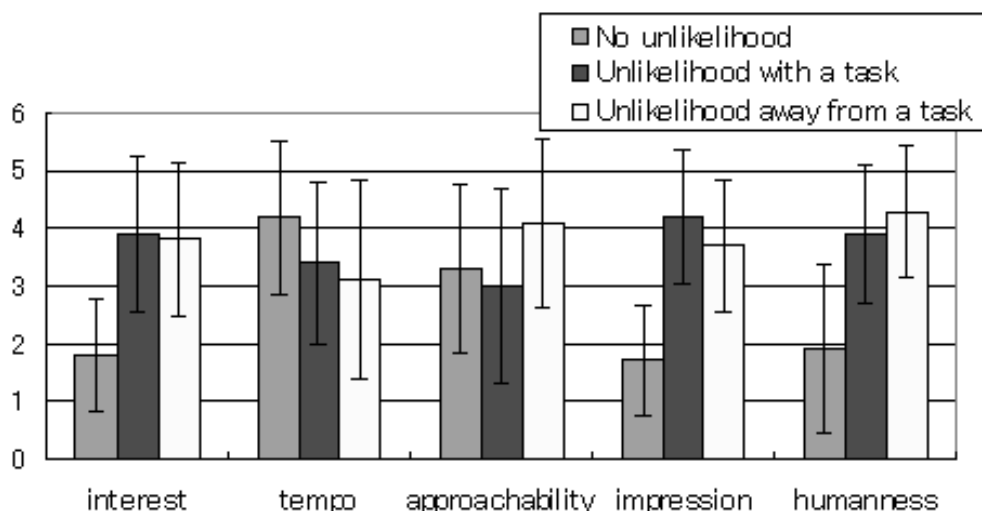


図 4.4 直接評価アンケート結果

Friedman 検定により，条件 1,2 は，条件 3 より有意にユーザの興味を引き (p<0.01) ，人間らしく感じる (p<0.01) ことが分かった．これらの指標の条件 1,2 の間の有意差はなかった．印象の強さは，条件 1>条件 2>条件 3 の順であった (p<0.01) ．親しみやすさは，条件 1 と条件 2 の間に有意傾向 (p<0.1) ，テンポのよさは，条件 3 と条件 2 の間に有意傾向があった (p<0.1) ．したがって，タスクに関係ない意外性のあるユーモア発話を行うシステムは「テンポのよさ」以外の項目で高評価かつ印象に残ったといえる．人が親しみやすさを感じるシステムは長期利用に役立つことが分かっている [25] ，意外性のあるユーモアは継続欲求との相関も高いといえる．

続いて，各条件における被験者の平均ターン数を図 4.5 に示す．

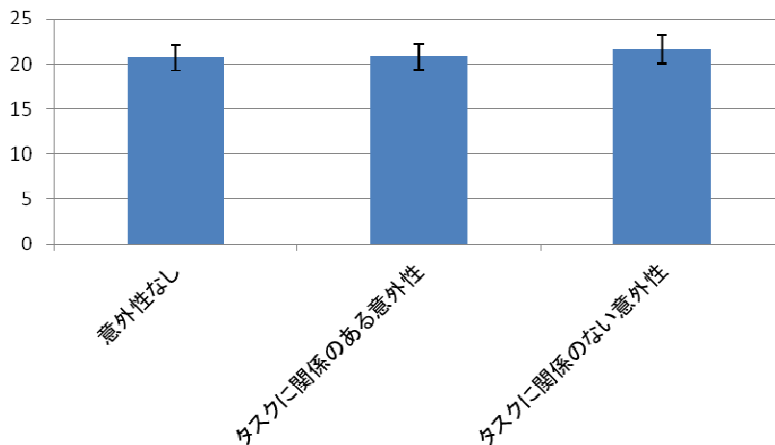


図 4.5 平均ターン数

分散分析の結果、 $p > 0.8$ で、各条件に有意差はなかった。本実験では各システムについてしりとりを 15 ターン以上 30 ターン以内の制約で行ったが、この制約内では継続欲求の程度を測れるほどの差はあらわれなかった可能性がある。妥当なターン数の検討は今後の課題である。

4.6. 本章の結論

本実験により、意外性のあるユーモア表現は、人同士の対話だけでなく、人とシステムの対話においても継続欲求を高めることが示された。また、ユーモア発話を行う対話システムはユーザの親密感を高めた。具体的には、タスク進行を妨害しないシステムがユーザの親密感を最も高めたが、タスクを妨害するようなユーモアを発話するシステムが最も強い興味を引いた。どちらのシステムも、ユーモアの無いシステムに比べて人らしく感じ、興味を引き、印象に残った。

特に、システムとの対話においては、ユーザの持つ音声対話システムに関するイメージを推定した上で、それをユーザの発話の自由度を阻害しない形で「裏切る」ことが重要である。「ユーザが意外な印象を感じる、人工物の特性を生かしたユーモアを発話すること」といった機能を実装することで、新奇性によらず継続欲求・受諾欲求を同時に高める音声対話システムを実現できる可能性がある。

第5章 結論

HAI 分野では、メディアイクエーションの理論に基づいて、音声対話システムのデザインやふるまいを人に近付ける試みがなされてきた。人を模したシステムは直感的に機能が分かりやすく、ユーザへの認知的負担が少ない[1]。さらに、「人に近いインタラクション能力を備えている」とみなされた音声対話システムのユーザはインタラクション欲求が高まり、システムを積極的に利用しようとするため、ユーザプロファイルの学習が必要なシステムや、長期間にわたってサービスを提供するシステムなどのユーザビリティが向上することも期待できる。しかし、従来研究で検討している「システムを人に近づける」要因の多くはタスク依存性が高く、ユーザの飽きを解決できない可能性、長期間維持が困難である可能性があった。そこで我々は、よりタスクに依存しないと考えられる人同士の「対話戦略」に着目し、これを模倣して音声対話システムに実装することを検討した。

2 章ではカーナビゲーションなどの情報推薦システムへの利用を想定して、人同士の対話において聞き手のインタラクション継続欲求を高める「説得発話」の要因を明らかにした。続いて 3 章では、得られた知見を音声対話システムに実装して、人同士で有効な対話戦略が人工物のエージェントにも適用可能かを調べた。その結果、人同士で有用性が確認されたメッセージの音響的特性や信頼性、実存性などの要因は人工物のナビゲータでも有効であり、さらに、人工物は人がナビゲーションするよりもユーザに与える認知的負荷が少ないことが分かった。人工物に対するユーザの親密感・信頼感の印象は人よりは個人差が大きく、インタラクション欲求の程度もユーザの印象（システムモデル）による個人差があったが、本研究で導入した Love-liking 尺度のエージェント版[60]や事後アンケートによって、ユーザのシステムモデルを簡単な手続で評価可能であることも示された。

先行研究では、ユーザが予測したシステムモデルと実際の機能との相違によって、悪い印象を抱いたり[12]、逆に良い印象を抱いたりすることが指摘されている。そこで 4 章では、ユーザのシステムモデルを予測し、どのような形でそれを「裏切る」ことが良い印象を与えるのかを解明するべく「ユーモア発話」を対象に調べた。その結果、ユーモアに限定すれば、本来の目的であるタスク遂行を妨害するような発話であっても、ユーザが予測しない発話を行うシステムに対しては良い印象を与え、ユーザのインタラクション欲求を高めることが分かった。

まとめると、タスクによらずユーザのインタラクション欲求を高める音声対話システムを設計する上で、人の対話戦略の模倣は有用である。人同士の対話においてインタラクション欲求向上に役立つ音響的・言語的要因は、人とシステムの対話においても有効であった。人同士の対話では実存性や音響的要因の制御は困難であるが、音声対話システムを用いればこれらの要因を直接的に制御可能である。そのため、情報の提供や推薦を人と同等のインタラクション欲求を維持しながら、低い認知的負荷で行える可能性がある。

さらに、システムとの親和性の高いユーザであれば、情報の提供や推薦を人と同等のインタラクション欲求を維持しながら低い認知的負荷で行うことが可能である。

ユーザのシステムに対する親和性は日本版 Love-liking 尺度改良版[60]と相関が高いため、簡便な手続きでユーザのシステムモデルを評価可能である。そのため、ユーザのシステムモデルを適切に予測することで、人工物の効果を最大限に生かしたユーモア発話や、ユーザに合わせたサービスを提供することが可能になる。本研究で提案する方法論は、音声を使わないテキストベースのシステムや、従来のアプローチをとる音声対話エージェントシステムにも応用可能であり、よりインタラクション欲求の高い対話システムを設計する際の指針となりうると考える。

今後の予定として、ロボットナビゲータのナビゲーション発話の言語的・音響的特性がユーザのインタラクション欲求に与える影響をより詳細に解析する。ロボットナビゲータのが適切な存在感を示すことが有用であったが、存在感はタスク依存である可能性が高い。ユーザの受諾欲求向上の程度と、ユーザが感じるストレスの大きさはトレードオフの関係にあり、タスクの難易度によっても変化すると思われる。最適な存在感の程度は今後の検討課題である。

また、前述したように、ユーザのシステムモデルは個人差があり、これを正しく推定することでユーモアや情報推薦の効果を最大限高めることができる。そこで、より適切なシステムモデル推定尺度の検討を行う。システムのふるまいをより人に近づけることで、ユーザのシステムモデルの個人差が減少する（人に近づく）のいかどうかも、興味深い検討課題である。

謝辞

本研究の遂行にあたりご指導とご助言を賜り、また著者の研究生活においても多大なご支援をしていただいた菊池英明先生に深く感謝の意を表するとともに、感謝の言葉を述べさせて頂く。本当にありがとうございました。

本稿 2,3 章は、日産自動車株式会社の協力を得ながら早稲田大学人間科学学術院において実施された（早稲田大学人間総合研究センター受託研究「システムの提案をヒトが受諾するメカニズムに関する研究」）。本研究に関わる議論・実験環境の整備・実験計画・マニュアル作成など、多様な観点からご指導、ご協力をいただいた（株）日産自動車中央研究所の三田村健氏、太田克己氏、保泉秀明氏に深く感謝申し上げます。

2.4 節の解析は早稲田大学理工学術院の小川義人氏、端千尋氏の協力を得ながら実施された。ここに厚く御礼申し上げます。

本論文は、早稲田大学菊池英明研究室 AI 班において継続的に実施されてきた対話システム研究プロジェクトを出発点としている。4 章のシステム開発及び実験は著者と、早稲田大学人間科学部の大橋浩輝氏の指導の下、早稲田大学人間科学部の松尾智信氏が実施した。また、本プロジェクトにおいて、早稲田大学人間科学部の常世徹氏、榎井祐介氏、小野祐治氏、影谷卓也氏、網田泰裕氏、中山真太郎氏の協力を得た。ここに深く感謝の意を表します。

研究生活を通じて著者を支えてくださった、沈睿氏をはじめとする菊池研究室のみなさま、暖かいご指導と激励をいただきました白勢彩子先生、宮島崇浩氏に、あらためて深く感謝を申し上げます。

最後に、長い間の研究生活を可能にしてくれた家族に心より感謝します。

参考文献

- [1] Justine Cassell, "Embodied conversational agents - Representation and intelligence in user interfaces," *AI Magazine*, Vol.22, No.4, pp.67-83, 2001.
- [2] James C. Lester, Brian A. Stone, "Increasing believability in animated pedagogical agents," *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents*, pp.16-21, 1997.
- [3] Clifford Nass, Li Gong, "Maximized modality or constrained consistency?," *Proceedings of the Auditory-Visual Speech Processing (AVSP' 99) Conference*, 1999.
- [4] Jonas Beskow, Scott McGlashan, "Olga - a conversational agent with gestures," *In Proceedings of the IJCAI-97 Workshop on Animated Interface Agents: Making them Intelligent*.
- [5] Byron Reeves, Clifford Nass, "The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places," *Cambridge University Press*, New York, 1996.
- [6] Chris D. Frith, Uta Frith, "Interacting Minds - Biological Basis," *Science*, Vol.286, pp.1692-1695, 1999.
- [7] Takanori Shibata, Kazuo Tanie, "Physical and affective interaction between human and mental commit robot," *In Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp.2572-2577, 2001.
- [8] Frank Hegel, Soeren Krach, Tilo Kircher, Britta Wrede, Gerhard Sagerer, "Theory of mind (ToM) on robots: a functional neuroimaging study," *In Proceedings of the 3rd ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, pp.335-342, 2008.
- [9] H. C. van Vugt, E. A. Konijn, J. F. Hoorn, I. Keur, A. Elirns, "Realism is not all! User engagement with task-related interface characters," *Interacting with Computers*, Vol.19, No.2, pp.267-280, 2007.
- [10] Helen M. McBreen, Mervyn A. Jack, "Evaluating humanoid synthetic agents in e-retail applications," *IEEE Transactions on systems man and cybernetics part a-systems and humans*, Vol.31, No.5, pp.394-405, 2001.
- [11] Doris M. Dehn, Susanne van Mulken, "The impact of animated interface agents: A review of empirical research," *International Journal of HumanComputer Studies*, Vol.52, pp.1-22, 2000.
- [12] 小松孝徳, 山田誠二, "エージェントの表出情報と外見がユーザの態度推定に与える影響," *The 20th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, pp.3F2-1, 2006.
- [13] Bruce Blumberg, "Building believable animals," *AAAI Technical Report for the Spring Symposium on Believable Agents*, pp.16-20, 1994.
- [14] Clark Elliott(著), 高砂美樹(訳), "人間とコンピュータの間の双方向感情的コミュニケーションの構成要素 - 感情と人格に関する広範な基本モデルを用いて," *認知科学*, Vol.1, No.2, pp.16-30, 1994.
- [15] Clark Elliott, Jacek Brezezinski, "Autonomous agents as synthetic characters," *AI Magazine*, Vol.19, No.2, pp.13-30, 1998.
- [16] Janet H. Walker, Lee Sproull, R. Subramani, "Using a human face in an interface," *In Proceedings of the 1994 ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI' 94)*, pp.85-91, 1994.
- [17] Michael Wilson, "Metaphor to personality: the role of animation in intelligent interface agents," *In Proceedings of the IJCAI-97 Workshop on Animated Interface Agents: Making Them Intelligent*, 1997.
- [18] Tetsuo Ono, Michita Imai, Hiroshi Ishiguro, "A model of embodied

- communications with gestures between humans and robots,” In Proceedings of Twenty-third Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 2001.
- [19] Kazuhiko Shinozawa, Futoshi Naya, Junji Yamato, Kiyoshi Kogure, “Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making,” *Human-Computer Studies*, Vol. 62, No. 2, pp. 267-279, 2005.
- [20] 中田亨, “ペット動物の対人心理作用能力のロボットにおける構築,” 博士論文, 東京大学, 2001.
- [21] 柴田崇徳, “人の心を豊かにするメンタルコミットロボット,” 電気学会研究会資料, IIC, 産業計測制御研究会 2000, Vol. 24, pp. 13-18, 2000.
- [22] 近藤敏之, 若松良久, 伊藤宏司, “人間-エージェントの相互適応系における継続的相互作用実現のための機能条件,” 情報処理学会, Vol. 100, pp. 61-66, 2003.
- [23] 今井倫太, “自律移動ロボット用対話システムの研究,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集 情報システム, Vol. 1, pp. 96, 1997.
- [24] 田中一晶, 岡夏樹, “躰による人間とペットロボットの関係の改善,” The 20th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, pp. 3F2-2, 2006.
- [25] 神田崇行, 佐藤留美, 才脇直樹, 石黒浩, “対話型ロボットによる小学校での長期相互作用の試み,” *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 7, No. 1, pp. 27-37, 2005.
- [26] 松本斉子, 上田博唯, 山崎達也, 往住彰文, “共生ロボットに対するコンパニオンモデルの形成～ホームユビキタス環境における生活実証実験から～,” *ヒューマンインタフェース学会誌*, Vol. 10, No. 1, pp. 21-36, 2008.
- [27] Russell Beale, Chris Creed, “Affective interaction: How emotional agents affect users,” *Human-Computer Studies*, Vol. 67, No. 9, pp. 755-776, 2009.
- [28] Katherine Isbister, Clifford Nass, “Personality in conversational characters: Building better digital interaction partners using knowledge about human personality preferences and perceptions,” In Proceedings of the 1998 Workshop on Embodied Conversational Characters, 1998.
- [29] 渡辺桂子, 竹内勇剛, “エージェントの身体像に帰属するコンピュータの知的機能,” 情報科学技術フォーラム一般公演論文集, pp. 667-668, 2003.
- [30] Searle John. R., “Minds, brains, and programs,” *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 3, No. 3, pp. 417-457, 1980.
- [31] Moreno Roxana, Mayer Richard E., Spires Hiller A., Lester James C., “The case for socialagency in computer-based teaching: do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents?”, *Cognition and Instruction*, Vol. 19, No. 2, pp. 177-213, 2001.
- [32] 藤江真也, “会話ロボット研究の現状と課題,” 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会, SIG-SLUD-A902, pp. 29-34, 2009.
- [33] 水野淳太, 乾健太郎, 松本裕治, “ウェブニュースを利用した雑談対話システム,” 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会資料, Vol. 55, pp. 1-6, 2009.
- [34] 中田つかを, “「対話を継続維持する」ためには肯定的ストロークが必要不可欠であるという研究,” 鈴鹿国際大学短期大学部紀要, Vol. 19, pp. 23-47, 1999.
- [35] 谷村圭介, 渡辺弥生, “大学生におけるソーシャルスキルの自己認知と初対面場面での対人行動との関係,” 教育心理学研究, Vol. 56, No. 3, pp. 364-375, 2008.
- [36] 志村栄二, 三宅なほみ, 吉岡豊, 渋谷直樹, 箕一彦, “ペーシングボードが会話の継続性の向上と1発話の長さの延長に有効であった Dysarthria の1例: 会話分析的手法による効果の検討,” 日本コミュニケーション障害学会, Vol. 27, No. 1, pp. 1-9, 2010.
- [37] 磯友輝子, 木村昌紀, 桜木亜季子, 大坊郁夫, “発話中のうなずきが印象形成に及ぼす影響—3者間会話場面における非言語行動の果たす役割—,” 電子情報通信学会信学技報 HCS2003-25, Vol. 103, No. 410, pp. 31-36, 2003.
- [38] 山本浩司, 水谷研治, “高齢者コミュニケーション支援システムの開発,” 日本ロボット学会誌, Vol. 18, No. 2, pp. 34-36, 2000.
- [39] Noriko Suzuki, Yugo Takeuchi, Kazuo Ishii, Michio Okada, “Effects of echoic mimicry using hummed sounds on human-computer interaction,” *Speech Communication*, Vol. 40, No. 4, pp. 559-573, 2000.

- [40] 長田純一, ぜんじろう, 藤田善弘, “ユーモアインタラクションの研究1 : 漫才ロボット「パペじろう」の開発,” 日本デザイン学会研究発表大会概要集, Vol. 54, pp. 224-225, 2007.
- [41] ビンステッドキム, 滝澤修, “日本語駄洒落なぞなぞ生成システム“BOKE”, ” 人工知能学会誌, Vol. 13, No. 6, pp. 920-927, 1998.
- [42] P. Dybala, M. Ptaszynski, R. Rzepka, K. Araki, “Activating Humans with Humor : A Dialogue System That Users Want to Interact with,” IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E92D, No. 12, pp. 2394-2401, 2009.
- [43] Katherine Lsbister, Clifford Nass, “Consistency of personality in interactive characters: verbal cues, non-verbal cues, and user characteristics,” Human-Computer Studies, Vol. 53, No. 2, pp. 251-267, 1999.
- [44] A. Bryan Loyall, Batesjill Fain Lehman, “Believable agents: building interactive personalities,” Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon University, 1997.
- [45] 向井淳, 今井倫太, 安西祐一郎, “観測指向モデルによるロボットの自発的な行動基準の生成,” 知能と情報 : 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 17, No. 3, pp. 314-324, 2005.
- [46] 村上直隆, 片上大輔, 山田誠二, “権威付けによるヒューマンロボットインタラクション,” 情報処理学会研究報告. ICS, [知能と複雑系], Vol. 105, pp. 105-110, 2002.
- [47] Sherry Turkle, “The second self: Computers and the Human split,” Simon & Schuster, New York, 1984.
- [48] Dianne C. Berry, Laurie T. Butler, Fiorella de Rosis, “Evaluating a realistic agent in an advice-giving task,” Human-Computer Studies, Vol. 63, No. 3, pp. 304-327, 2005.
- [49] 池上知子, 遠藤由美, “グラフィック社会心理学,” サイエンス社, 1998.
- [50] 深田博己編著, “説得心理学ハンドブック,” 北大路書房, 2002.
- [51] 芳賀繁, 水上直樹, “日本語版NASA-TLX によるメンタルワークロード測定-各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度-, ” 人間工学, Vol. 32, No. 2, pp. 71-80, 1996.
- [52] 井上正明, 小林利宣, “日本におけるSD 法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観,” 教育心理学研究, Vol. 33, No. 3, pp. 253-260, 1985.
- [53] 讚井純一郎, 乾正雄, “レパトリートグリッド発展手法による住環境評価構造の抽出,” 日本建築学会論文報告集, Vol. 367, pp. 15-22, 1986.
- [54] Maekawa, K., “Corpus of spontaneous Japanese : its design and evaluation”, SSPR2003, pp. 7-12, 2003. (in Japanese)
- [55] 天野成昭, 近藤公久, “NTTデータベースシリーズ 日本語の語彙特性 単語親密度,” 三省堂, 1999.
- [56] 松本裕治, “形態素解析システム「茶釜」(〈特集〉使いやすくなった自然言語処理のフリーソフト : 知っておきたいツールの中身), ” 情報処理, Vol. 41, No. 11, pp. 1208-1214, 2000.
- [57] 河原英紀, “Vocoder のもう一つの可能性を探る音声分析変換合成システムSTRAIGHT の背景と展開,” 日本音響学会誌, Vol. 63, No. 8, pp. 442-449, 2007.
- [58] 藪田洋平, 竹内勇剛, “音声インタフェースから発せられる音声の韻律の違いによる対人的効果,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 8, No. 2, pp. 223-231, 2006.
- [59] 内藤久詞, 河村真吾, 竹内勇剛, “実世界指向インタラクションに基づく情報提示手法の提案,” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-A, No. 11, pp. 840-851, 2009.
- [60] 小松孝徳, 山田誠二, “適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響,” 人工知能学会論文誌, Vol. 24, No. 2, pp. 232-240, 2009.
- [61] 谷忠邦, 大坊郁夫, “ユーモアと社会心理学的変数との関連についての基礎的研究,” 対人社会心理学研究, Vol. 8, pp. 129-137, 2008.
- [62] Duncan, C. P., “Humor in advertising: A behavioral perspective,” Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 7, pp. 285-306, 1979.
- [63] J. Morreall, “Taking Laughter Seriously,” State University of New York Press, 1982, 森下伸也(訳), “ユーモア社会をもとめて,” 新曜社, 1995.

- [64] 村木多津男, “名作の中のユーモアのパターン,” 笑い学研究, Vol. 12, pp. 75-81, 2005.
- [65] 山田 誠二, 角所 考, “適応としてのHAI (<特集>HAI : ヒューマンエージェントインタラクション),” 人工知能学会誌, Vol. 17, No. 6, pp. 658-664, 2002.
- [66] 駒谷和範, 上野晋一, 河原達也, 奥乃博, “音声対話システムにおける適応的な応答生成を行うためのユーザモデル,” 電子情報通信学会論文誌. Vol. J87-D-11, No. 10, pp. 1921-1928, 2004.
- [67] 神田崇行, 石黒浩, 石田亨, “人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価,” 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No. 3, pp. 78-87, 2001.
- [68] 上田博唯, 小林亮博, 佐竹純二, 近間正樹, 佐藤淳, 木戸出正継, “ユビキタス環境における対話型ロボットインタフェースのための対話戦略の構築,” 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 1, pp. 87-97, 2006.
- [69] 船越孝太郎, 小林一樹, 中野幹生, 山田誠二, 北村泰彦, 辻野広司, “Artificial Subtle Expressionとしての明滅光源による音声対話の円滑化,” 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界, Vol. J92-A, No. 11, pp. 818-827, 2009.
- [70] 西村義隆, 櫛田和貴, 土肥浩, 石塚満, 竹内誉羽, 辻野広司, “マルチモーダルプレゼンテーション記述言語MPMLのヒューマノイドへの拡張とその心理学的評価,” 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 105, No. 220, pp. 5-10, 2005.
- [71] Reeves, B., and Nass, C., “The Media Equation,” Cambridge University Press, 1996.
- [72] 岡田美智男, “Talking Eyes-対話する「身体」を創る,” システム/制御/情報 : システム制御情報学会誌, Vol. 41, No. 8, pp. 323-328, 1997.
- [73] 竹内勇剛, 片桐恭弘, “ユーザの社会性に基づくエージェントに対する同調反応の誘発,” 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 5, pp. 1257-1266, 2000.
- [74] 村川賀彦, 十時伸, “サービスロボットによる「ふるまい」の評価商業施設での試験運用,” 電子情報通信学会技術研究報告 ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 106, No. 412, pp. 31-36, 2006.
- [75] 大澤博隆, 大村廉, 今井倫太, “直接擬人化手法を用いた機器からの情報提示の評価,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 10, No. 3, pp. 11-20, 2008.
- [76] 丹野宏昭, 下斗米淳, 松井豊, “親密化過程における自己開示機能の探索的検討-自己開示に対する願望・義務感の分析から-,” 対人社会心理学研究, Vol. 5, pp. 67-75, 2005.
- [77] “パーソナルロボットPaPeRo”, <http://www.nec.co.jp/press/ja/pr-room/papero.html#r500> より許可を得て転載 (アクセス日: 2012年1月6日)
- [78] “PaPeRoのご紹介”, <http://www.nec.co.jp/products/robot/r500/index.html> より許可を得て転載 (アクセス日: 2012年1月6日)
- [79] 岸本了造, “マルチメディア通信サービスのためのエージェント言語,” 電子情報通信学会技術研究報告. 交換システム, Vol. 98, No. 668, pp. 197-202, 1999.
- [80] 沈睿, 菊池英明, 太田克己, 三田村健, “音声生成を前提としたテキストレベルでのキャラクター付与,” 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 4, 2012. (採録決定)
- [81] 横山祥恵, 山本大介, 小林優佳, 土井美和子, “高齢者向け対話インタフェース-雑談継続を目的とした話題提示・傾聴の切替式対話法-,” 情報処理学会研究報告. SLP 音声言語情報処理, Vol. 80, No. 4, pp. 1-6, 2010.

研究業績

（2012年1月6日現在）

学位論文

1. ニューラルネットワークを用いた母音範疇の獲得モデルに関する研究 2007 早稲田大学大学院人間科学研究科修士論文.

学術論文

1. 宮澤幸希, 影谷卓也, 沈睿, 菊池英明, 小川義人, 端千尋, 太田克己, 保泉秀明, 三田村健: 2010 自動車運転環境下におけるユーザの受諾行動を促すシステム提案の検討. 人工知能学会論文誌, 25巻6号, 723-732頁.
2. 宮澤幸希, 常世徹, 榊井祐介, 松尾智信, 菊池英明: 2012 音声対話システムにおける継続欲求の高いインタラクションの要因. 電子情報通信学会論文誌. A 基礎・境界, J95-A巻1号. (採録決定)

その他

《解説記事》

1. 宮澤幸希: 2012 私の研究開発ツール MATLABによる音声信号処理入門. 映像情報メディア学会誌, 66巻2号. (採録決定)

《学会発表》

1. 宮澤幸希, 白勢彩子, 菊池英明: 2006 音声による子音カテゴリカル知覚の習得モデルに関する研究. 第20回日本人工知能学会全国大会発表論文集 (CD-ROM), 2E3-1頁.
2. 宮澤幸希, 白勢彩子, 菊池英明: 2007 ニューラルネットワークを用いた母音範疇の獲得モデルに関する研究. 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集 (CD-ROM), 1-2-9頁.
3. 田中良典, 宮澤幸希, 菊池英明: 2007 講義動画検索におけるユーザの行動とその着目点の分析. 日本音響学会秋季研究発表会, 1-3-12頁.
4. 菊池英明, 北村泰司, 本島嘉朗, 山田哲史, 宮澤幸希, 白勢彩子: 2007 音声インタフェース操作における慣れの影響. 日本音響学会秋季研究発表会, 2-7-9頁.
5. 宮澤幸希, 白勢彩子, 菊池英明: 2007 言語獲得における母音範疇の形成過程のシミュレーション. 日本音響学会聴覚研究会資料, 37巻8号, 661-666頁.
6. 大橋浩輝, 宮澤幸希, 白勢彩子, 菊池英明: 2007 コーパス資料を用いた単語分節方略に関する試論. 日本音響学会聴覚研究会, 691-695頁.
7. 宮澤幸希, 本田朗子, 菊池英明: 2008 生成規則に基づく略語の自動推定 -複合語短縮の音韻変化への対応-. 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会資料, 53巻, 1-6頁.
8. 網田泰裕, 大橋浩輝, 宮澤幸希, 山田哲史, 菊池英明: 2008 音声認識における事前教示・訓練の影響. 日本音響学会秋季研究発表会, 2-7-9頁.
9. 宮澤幸希, 白勢彩子, 菊池英明, 柏野牧夫: 2008 聴覚におけるフラッシュラグ効果. 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集 (CD-ROM), 1-R-17頁.

10. MIYAZAWA Kouki, SHIROSE Ayako, KIKUCHI Hideaki : 2008 Computational model of the process of learning vowel categories in language acquisition. Preprints of the 2nd International Workshop on Language and Speech Science. (予稿集なし)
11. MIYAZAWA Kouki, SHIROSE Ayako, KIKUCHI Hideaki : 2008 Computational model of the process of learning vowel categories in language acquisition. proc. of 0-COCOSDA 2008, 230-233頁.
12. 菊池英明, 宮澤幸希, 大橋浩輝, 網田泰裕, 太田克己, 保泉秀明, 三田村健 : 2008 自動車運転環境においてドライバーが提案を受諾するメカニズムの予備的検討. HAIシンポジウム.
13. 宮澤幸希, 影谷卓也, 菊池英明, 小川義人, 端千尋 : 2009 ドライバーの受諾行動を促すナビゲーション発話の言語的・音響的分析. 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会, 56巻, 19-24頁.
14. 宮澤幸希, 菊池英明, 新谷敬人, 馬塚れい子 : 2009 対乳児発話の母音の時間構造 - 理研日本語母子会話コーパスを用いた分析 -. 電子情報通信学会技術研究報告. SP 音声, 109巻308号, 67-72頁.
15. 宮澤幸希, 影谷卓也, 沈睿, 菊池英明, 小川義人, 端千尋, 太田克己, 保泉秀明, 三田村健 : 2009 自動車運転環境においてロボットナビゲーターの提案をドライバーが受諾するメカニズムの検討. HAIシンポジウム2009.
16. MIYAZAWA Kouki, KIKUCHI Hideaki, MAZUKA Reiko : 2010 Unsupervised Learning of Vowels from Continuous Speech based on Self-organized Phoneme Acquisition Model. In Proc. INTERSPEECH2010, 2914-2917頁.
17. 宮澤幸希, 菊池英明, 馬塚れい子 : 2011 対乳児発話の音韻の明瞭性 - 理研日本語母子会話コーパスによる解析 -. 日本音響学会春季研究発表会講演論文集 (CD-ROM), 3-6-6頁.
18. 宮澤幸希, 小川義人, 松尾智信, 中山真太郎, 常世徹, 榊井祐介, 菊池英明 : 2011 音声対話システムにおける継続性向上の要因. 情報処理学会研究報告 ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2011-HCI-142巻1号, 1-8頁. (震災により学会中止)
19. 宮澤幸希, 三浦英朗, 菊池英明, 馬塚れい子 : 2011 連続音声からの音韻カテゴリ獲得モデルに関する考察. 第25回日本人工知能学会全国大会発表論文集 (CD-ROM), 1D2-1頁.
20. MIYAZAWA Kouki, MIURA Hideaki, KIKUCHI Hideaki, MAZUKA Reiko : 2011 The Multi Timescale Phoneme Acquisition Model of the Self-Organizing Based on the Dynamic Features. In Proc. INTERSPEECH2011, 749-752頁.

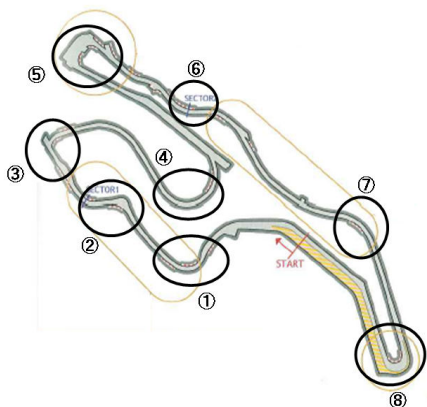
付録 実験関連書類 (2章)

2. A コース・ポイント図

NT (女性)	存在あり	ニューヨーク／アコードクーペ
	存在なし	オペラ・パリ／アコードクーペ
NH (男性)	存在あり	インフィニオンレースウェイ／スカイラインV35
	存在なし	コート・ダジュール／スカイラインV35
NO (男性)	存在あり	香港／スカイラインR33GTR
	存在なし	東京R246／スカイラインR33GTR

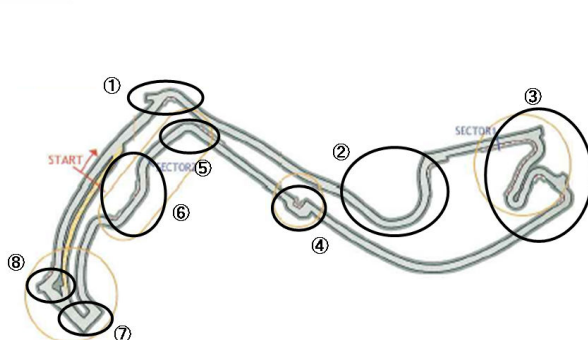
インフィニオンレースウェイ スポーツカーコース(スカイラインV35: NH)

コースNo.1



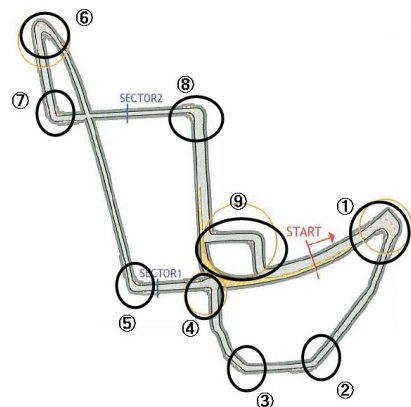
コート・ダジュール(スカイラインV35: NH)

コースNo.2



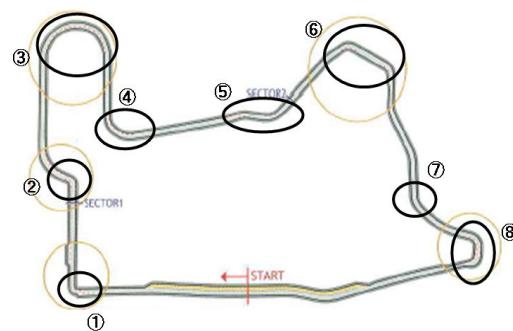
香港(R33GT-R: NO)

コースNo.3



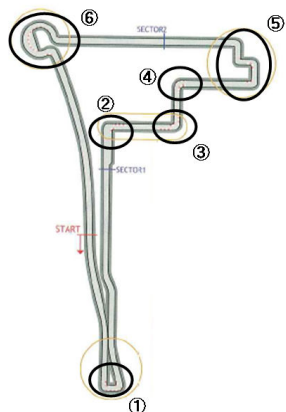
東京R246(R33GT-R: NO)

コースNo.4



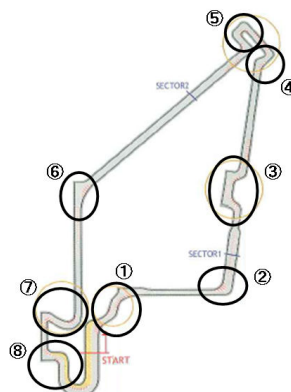
ニューヨーク(アコードクーペ: NT)

コースNo.5



オペラ・パリ(アコードクーペ: NT)

コースNo.6



2. B 受諾チェック記入表

名前:

ナビゲータの存在条件:

受諾チェック記入表 コース① インフィニオンレースウェイ スポーツカーコース(スカイラインV35:NH)

	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目
発話の有無	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
受諾	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
否定	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□

受諾チェック記入表 コース② コート・ダジュール(スカイラインV35:NH)

	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目
発話の有無	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
受諾	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
否定	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□

受諾チェック記入表 コース③ 香港(R33GT-R:NO)

	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目
発話の有無	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
受諾	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
否定	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□

受諾チェック記入表 コース④ 東京R246(R33GT-R:NO)

	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目
発話の有無	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
受諾	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
否定	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□

受諾チェック記入表 コース⑤ ニューヨーク(アコードクーペ:NT)

	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目
発話の有無	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□
受諾	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□
否定	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□	□□□□□□

受諾チェック記入表 コース⑥ オペラハリ(アコードクーペ:NT)

	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目
発話の有無	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
受諾	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□
否定	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□	□□□□□□□□

2. C アミラーゼ値記入表

アミラーゼ値

日時 ドライバー名 被験者名 ①実験前 ②実験後 ③実験前 ④実験後
 (実体あり) (実体あり) (実体なし) (実体なし)

日時	ドライバー名	被験者名	①実験前 (実体あり)	②実験後 (実体あり)	③実験前 (実体なし)	④実験後 (実体なし)

2. D 運転負荷計測アンケート用紙 (NASA-TLX)

実験者記入欄
コース名： ナビゲータ：
名前： _____ 日付： 2月 ____日

精神的要求 低い 高い

身体的要求 低い 高い

時間的圧迫感 低い 高い

作業達成度 良い 悪い

努力 低い 高い

不満 低い 高い

2.E デモ走行アンケート用紙

ナビゲーターの運転を見た印象をお答えください

名前:

日付:

No		非常によ	よ	まあ	まあ	あまり	全く
		く	く	く	く	く	く
		あ	あ	あ	あ	あ	あ
		ま	ま	ま	ま	ま	ま
		ら	ら	ら	ら	ら	ら
		い	い	い	い	い	い
		ま	ま	ま	ま	ま	ま
		ら	ら	ら	ら	ら	ら
		な	な	な	な	な	な
		い	い	い	い	い	い
1	上手いと思った。	6	5	4	3	2	1
2	運転技量が実感できた。	6	5	4	3	2	1
3	目標にしようと思った。	6	5	4	3	2	1

コメント:

2.F 事前アンケート用紙 (kiss-18)

名前:

以下の文章を読んで、自分にどれだけ当てはまるか答えて下さい。

【選択肢】

5. いつもそうだ
4. たいていそうだ
3. どちらともいえない
2. たいていそうでない
1. いつもそうでない

他人と話していて、あまり会話が途切れない方ですか。 5 4 3 2 1

他人にやってもらいたいことを、うまく指示することができますか。 5 4 3 2 1

他人を助けることを、上手にやれますか。 5 4 3 2 1

相手が怒っているときに、うまくなだめることができますか。 5 4 3 2 1

知らない人とでも、すぐに会話が始められますか。 5 4 3 2 1

まわりの人たちのあいだでトラブルが起きても、それを上手に処理できますか。 5 4 3 2 1

こわさや恐ろしさを感じたときに、それをうまく処理できますか。 5 4 3 2 1

気まずいことがあった相手と、上手に和解できますか。 5 4 3 2 1

仕事をするときに、何をどうやったらよいか決められますか。 5 4 3 2 1

他人が話しているところに、気軽に参加できますか 5 4 3 2 1

相手から非難されたときにも、それをうまく片付けることができますか。 5 4 3 2 1

仕事の上で、どこに問題があるかすぐに見つけることができますか。 5 4 3 2 1

自分の感情や気持ちを、素直に表現できますか。 5 4 3 2 1

あちこちから矛盾した話が伝わってきても、うまく処理できますか。 5 4 3 2 1

初対面の人に、自己紹介が上手にできますか。 5 4 3 2 1

何か失敗したときに、すぐに謝ることができますか 5 4 3 2 1

まわりの人たちが自分とは違った考えをもっている、うまくやっていけますか。 5 4 3 2 1

仕事の目標を立てるのに、あまり困難を感じないほうですか。 5 4 3 2 1

2. G 事前アンケート用紙（内的作業モデル）

名前:

以下の各項目の内容は、普段のあなたにどの程度あてはまりますか。あてはまる番号に
○をつけてください。（○はひとつだけ）

【選択肢】

6. 非常によくあてはまる
5. あてはまる
4. ややあてはまる
3. あまりあてはまらない
2. あてはまらない
1. 全くあてはまらない

私はいつも人と一緒にいたがるので、ときどき人から疎まれてしまう。



人は全面的には信用できないと思う。



あまりにも親しくされたり、こちらが望む以上に親しくなることを求められたりすると、イライラしてしまう。



たいていの人は私のことを好いてくれると思う。



私は人に頼らなくても、自分一人で十分にうまくやって行けると思う。



初めて会った人とでもうまくやっていける自信がある。



自分を信用できないことが良くある。



時々友達が、本当は私を好いてくれないのではないかとか、私と一緒にいたくないのではと心配になることがある。



私はすぐに人と親しくなる方だ。



ちょっとしたことで、すぐに自信をなくしてしまう。



あまり自信に自信が持てない方だ。



気軽に頼ったり頼られたりすることができる。



人は本当はいいやいやながら私と親しくしてくれているのではないかと思うことがある。



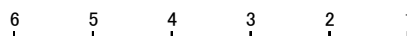
人に頼るのは好きではない。



どんなに親しい間柄であろうと、あまりなれなれない態度をとられると嫌になってしまう。



私は人に好かれやすい性質だと思う。



あまり人と親しくなるのは好きではない。



私は知り合いがしやすい方だ。



2.H 事後アンケート用紙

<事後アンケート>

名前:

日付:

No	ナビゲーターに対する評価								
1	親しみやすい	1	2	3	4	5	6	7	親しみにくい
2	感じのよい	1	2	3	4	5	6	7	感じのわるい
3	興味深い	1	2	3	4	5	6	7	退屈な(興味深くない)
4	うちとけた	1	2	3	4	5	6	7	堅苦しい
5	きちんとした	1	2	3	4	5	6	7	いいかげんな
6	積極的な	1	2	3	4	5	6	7	消極的な
7	明るい	1	2	3	4	5	6	7	暗い
8	あたたかい	1	2	3	4	5	6	7	冷たい
9	安心な	1	2	3	4	5	6	7	不安な
10	役に立つ	1	2	3	4	5	6	7	役に立たない
11	わかりやすい	1	2	3	4	5	6	7	わかりにくい
12	受け入れられる	1	2	3	4	5	6	7	受け入れられない
13	強気な	1	2	3	4	5	6	7	弱気な
14	あっさりした	1	2	3	4	5	6	7	しつこい
15	熱心な	1	2	3	4	5	6	7	さっぱりした
16	優しい	1	2	3	4	5	6	7	厳しい
17	賢い	1	2	3	4	5	6	7	愚かな
18	好ましい	1	2	3	4	5	6	7	好ましくない
19	信頼できる	1	2	3	4	5	6	7	信頼できない
20	納得できる	1	2	3	4	5	6	7	納得できない

No	運転に対する評価								
1	おもしろい	1	2	3	4	5	6	7	つまらない
2	満足な	1	2	3	4	5	6	7	不満な
3	安心な	1	2	3	4	5	6	7	不安な
4	楽な	1	2	3	4	5	6	7	苦痛な
5	ストレスを感じた	1	2	3	4	5	6	7	ストレスを感じない
6	疲れなかった	1	2	3	4	5	6	7	疲れた

2. I レーシングゲームの習熟度アンケート

名前 _____

このアンケートは先日参加していただいた実験の分析に必要なものです。個人の情報に関する秘密は厳く厳守します。ご本人の同意なく、早稲田大学人間科学部菊池英明研究室と本実験の協力企業以外に被験者の個人情報を開示することは原則として致しません。

また、アンケートでご回答いただきました情報は、統計的な処理を行い、個人を特定できない情報として使用されますので、プライバシーに関する情報が公表されることは決してございません。

1) 運転免許をいつ取得されましたか？

西暦 _____ 年 _____ 月

2) 普段運転する自動車はマニュアル車でしょうか？オートマ車でしょうか？ マニュアル車の場合は『マニュアル車』、オートマ車の場合は『オートマ車』、両方の場合は『両方』とご回答下さい。

3) 自動車を運転する頻度を以下の4項目から選択してアルファベットでご回答下さい。また、1日の平均運転時間は何時間でしょうか？

運転頻度	A ほぼ毎日	}	□
	B 週2、3日程度		
	C 月に2、3日程度		
	D 年に数日程度		
運転時間	_____	時間	

4) レースゲームのプレイ経験について以下の3項目から選択してアルファベットでご回答下さい。

A 過去に熱中したレースゲームがある。	}	□
B レースゲームをプレイした経験がある。		
C レースゲームをプレイした経験がない。		

5) 3)でAを選択した方に質問します。 熱中したゲームのタイトルをご回答下さい。覚えていない場合は空欄で結構です。

6) 3)でAまたはBを選択した方に質問します。 レースゲームのプレイ頻度を以下の4項目から選択してアルファベットでご回答下さい。また、1回のプレイ頻度は何分程度でしたか？

プレイ頻度	A ほぼ毎日	}	□
	B 週2、3日程度		
	C 月に2、3日程度		
	D 年に数日程度		
プレイ時間	_____	分	

7) 3)でAまたはBを選択した方に質問します。 最後にプレイしたのはいつ頃でしょうか？今現在もプレイする場合は、『現在もプレイする』とご回答下さい。

_____ 年前

8) 3)でAまたはBを選択した方に質問します。 グランツーリスモシリーズのプレイ経験はありますか？『経験有り』『経験無し』でご回答下さい。

9) 本実験でプレイしていただいたコースの内、見覚えのある場所はありましたか？ ある場合は地名をご回答下さい。

付録 実験関連書類 (3章)

3.A ナビゲータロボット発話テキスト

(1/3)

インフィニオン

1 (2発話根拠なし)

この後右の急カーブ, があるので九十キロくらいで曲がっていくとうまく曲がれます.

2

右のカーブもだいたい九十キロ程度で曲がれます.

ここでアクセルを踏むとコースアウトしやすいので危険です.

3

次の右のところカーブがきついののでろく七十まで落としてやると楽に曲がれます.

4

この右の後に左のなだらかなカーブ, はコースアウトしやすいので百二十キロを維持してください.

5

突き当たりの右の急カーブ, がすごくコースアウトしやすいので六十キロくらい目安にしましょう.

後はアクセル全開で大丈夫です.

6 (なし)

次の左のところ, が軽くブレーキを踏んでから, アクセルどンドン踏んじゃってください.

7 (なし)

このあたりのカーブは, 百四十キロくらいまで落としてください.

8

次に右の急カーブがあるので左の赤いコーン二つ目, 辺りからご六十キロまでブレーキを踏み始めるとうまく曲がれます.

オペラパリ

1

コースのガイドとカーブを曲がる時のスピードをまず簡単に言っていくようにするので参考になる程度に聞いてください.

2

次は左の急カーブ, になるので右側に寄って五十キロまで減速しましょう.

3

次は緩やかな左カーブ, なので右側にいてください.

4

次の赤い旗の三つ目, で五十キロくらいまで減速しましょう.

5

ちょっと急カーブ, が続くので五十キロくらいまで減速したまま走ってください.

6

次は左カーブ, になるのでなるべくぎりぎり右側を百二十キロくらいで走りましょう.

7

次はまた急カーブ, なので六十キロまで減速しましょう.

8

六十キロで曲がって, このあとは直線なのでどンドンスピードを上げていきましょう.

コートダジュール

1 (なし)

右の突き当たりは左ガードレールが切れ始めたあたりで七十キロまで落としましょう.

2 (なし)

この上り終えた後左の軽いカーブは百キロくらいまで落としましょう.

3

次, 右の急カーブは七十キロまでおとしましょう.

ブレーキがよくきくのでぎりぎりまでふまなくて良いです.

4

ひだり右の急なカーブがあるので, 白黒のところが始まったあたりで, ご六十キロくらいまで減速しましょう.

5 (なし)

次の左のところは時速八十キロくらいまで落としてやるとうまく曲がれます.

- 6 後半の二つのカーブは曲がりづらいので、速度を維持しましょう。
- 7 右の急カーブが来ますので、六十キロくらいまでブレーキを軽く踏みましょう。
- 8 (なし)
センターラインを維持して、次の右の急カーブが五六十キロで曲がりましょう。

ニューヨーク

- 1 次急カーブがあるので緑色の看板が二つ目のところで七十キロくらいまで減速しましょう。
- 2 (なし)
次のカーブも同じく緑色の看板の二つ目でブレーキをかけましょう。
- 3 次は左カーブなので右に寄っててください。
- 4 次は右なので左に寄って、アクセル離す程度で、八十キロくらいでも曲がれます。
- 5 しばらくカーブが続くので、ろく七十キロくらいで走ってください。
- 6 (なし)
ここも、二つ目の看板のところで、八十キロくらいまで減速してください。

香港

- 1 (3発話根拠なし)
五十メートルの標識、があるところで六十キロくらいまでおもいきりブレーキを踏んでください。
- 2 この先は軽くブレーキ踏まないで曲がれないので、軽くブレーキを踏みましょう。
- 3 カーブ、があるので軽くブレーキを踏んで曲がっていきましょう。
その後アクセルおもいきり踏んでも問題ないです。
- 4 ここは結構曲がりにくいので五十メートルでブレーキ踏みましょう。
- 5 (なし)
五十メートルの標識、を超えたぐらいで軽くブレーキを踏んで
で
七十キロ六十キロで曲がりましょう。
- 6 五十キロ以下まで落とさないと曲がれないので百メートルの標識、を超えたぐらいでフルブレーキをかけましょう。
- 7 ここもコースアウトしやすいので、五十メートルの標識、ぐらいで七十キロくらいまでブレーキを踏んで落とせば曲がれます。
- 8 (なし)
五十メートル、ぐらいでちょっとブレーキを踏みましょう。
七十キロくらいで曲がれます。
- 9 (なし)
ここも五十メートル、ぐらいで軽くブレーキを踏んで六十キロくらいで曲がりましょう。

東京R246

- 1 (3発話根拠なし)
次は九十度カーブ、なのでここは二百メートルの標識、を目印に七十キロくらいまでフルブレーキをしてください。
- 2 (なし)
次は九十キロくらいでインをつくように曲がりましょう。
- 3 次は五十メートルの標識、を目印に百二十キロくらいであれば曲がれるので軽くブレーキを踏んで曲がりましょう。

(3/3)

4

この先も五十メートルの標識，で軽くブレーキを踏んで百キロぐらいなら曲がれます。
後は上りなので思いっきり踏んでいきましょう。

5 (なし)

坂上りきったぐらい，でアクセル離せばブレーキ踏まなくても平気です。

6

次は五十メートルの標識，で軽くブレーキを踏んで次のコーナーが楽になるのでここはアウト側に膨らみましょう。
アクセル離すくらいで曲がって入っていきます。

7

次は高速の下，がちよっと狭くなるので百十キロぐらいまで落としましょう。

8 (なし)

次は五十メートルの標識，で速度は落としましょう。
内側をまわって行ってブレーキを踏みましょう。
後は全開でいきましょう。

2. B 日本語版 Love-liking 尺度のエージェント適用版 アンケート用紙

(1/2)

名前： _____ 日付：1月 ____ 日

実験者記入欄

コース名： _____ 条件： _____

それぞれの項目について、9段階の評価で選んでください。

1. 【(ロボットの名称)】と一緒にいても、いつもと変わらない気持ちのままだ.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
全く そう思わない	そう思わない	あまり そう思わない	どちらかといえば そう思わない	どちらでもない	どちらかといえば そう思う	やや そう思う	そう思う	非常に そう思う

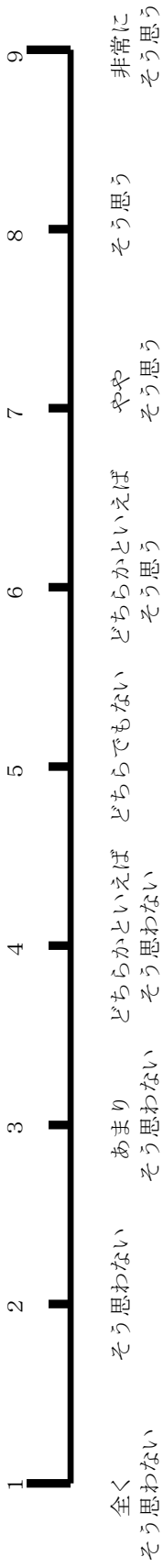
2. 【(ロボットの名称)】は適応能力のあるロボットだと思う.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
全く そう思わない	そう思わない	あまり そう思わない	どちらかといえば そう思わない	どちらでもない	どちらかといえば そう思う	やや そう思う	そう思う	非常に そう思う

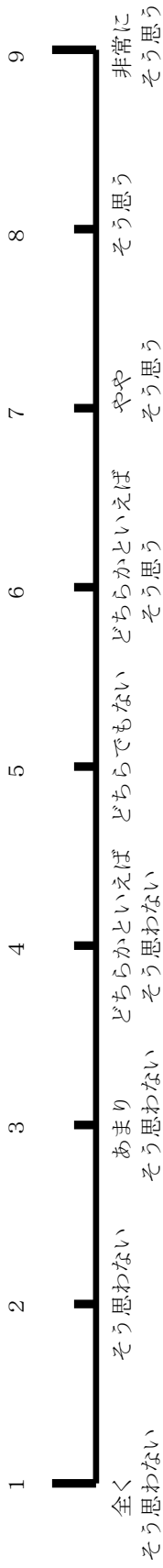
3. 【(ロボットの名称)】に責任ある仕事を任せてもいい.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
全く そう思わない	そう思わない	あまり そう思わない	どちらかといえば そう思わない	どちらでもない	どちらかといえば そう思う	やや そう思う	そう思う	非常に そう思う

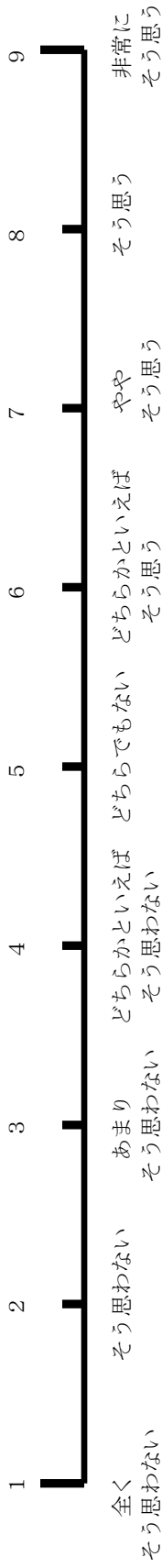
4. ロボットの中では良くできたほうだと思ふ。



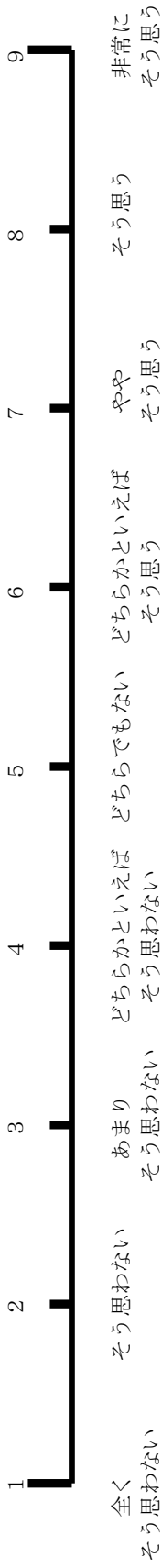
5. 【 (ロボットの名称) 】 の判断には全面的信頼をおいている。



6. 【 (ロボットの名称) 】 はいろんな人に好かれる存在だとおもふ。



7. 知っているロボットの中でも【 (ロボットの名称) 】 は最も好ましいものだ。



付録 各種スクリプト

PG.1 XML 変換プログラム (Java)

(ConvertXML.java)

//共同研究動画タグデータをCSJ-XML形式に変換
import java.io.*;

```
public class ConvertXML {
    public static void main(String[] args) {
        //エラーレポート初期化
        /*
        try {
            FileOutputStream fosE = new FileOutputStream("errorReport.txt");
            OutputStreamWriter outE = new OutputStreamWriter( fosE , "UTF-8");
            outE.write("");
            outE.close();
            fosE.close();
        } catch (Exception e) {
            System.out.println(e);
        }
        */
        convert(args[0], "jyudaku_check_k3.txt");
    }

    public static void convert(String filenameDouga, String filenameJyudaku) {
        //ファイル ID, ドライバー名, ナビゲータ名, 存在情報を取得
        String[] spl = filenameDouga.split("¥¥.");
        String talkID = spl[0];
        String drivername = filenameDouga.substring(7, 8);
        String bavigatorname = filenameDouga.substring(9, 10);
        String exdata = "";
        if (filenameDouga.substring(10, 12).equals("EX")) {
            exdata = "存在あり";
        } else {
            exdata = "存在なし";
        }
        //出力ファイル名を取得
        String outputfilename = filenameDouga + ".xml";

        try {
            //初期化
            FileOutputStream fosC = new FileOutputStream("cache_EXP.TRN");
            OutputStreamWriter outC = new OutputStreamWriter( fosC , "JIS");
            outC.write("");
            outC.close();
            fosC.close();
            FileOutputStream fosE = new FileOutputStream("errorReport.txt", true);
            OutputStreamWriter outE = new OutputStreamWriter( fosE , "UTF-8");
            outE.write(outputfilename + "¥¥n");
            outE.close();
            fosE.close();

            //例外表記を修正
            boolean resultCheck = rewrite(filenameDouga);
            while (resultCheck == true) {
                resultCheck = rewrite("cache_EXP.TRN");
            }

            //初期化
            FileOutputStream fos1 = new FileOutputStream(outputfilename);
            OutputStreamWriter out1 = new OutputStreamWriter( fos1 , "UTF-8");
            out1.write("<?xml version=¥¥1.0¥¥ encoding=¥¥UTF-8¥¥ ?>¥¥n");
            out1.write("<Talk TalkID=¥¥" + talkID + "¥¥ DriverID=¥¥" + drivername + "¥¥ NavigatorID=¥¥" + bavigatorname + "¥¥
Existence=¥¥" + exdata + "¥¥>¥¥n");
            out1.close();
            fos1.close();

            //書き込み準備
            FileOutputStream fos2 = new FileOutputStream(outputfilename, true);
            OutputStreamWriter out2 = new OutputStreamWriter( fos2 , "UTF-8");

            //ファイル読み込み
            FileInputStream fisk = new FileInputStream("cache_EXP.TRN");
            InputStreamReader ink = new InputStreamReader(fisk , "JIS");
            BufferedReader brk = new BufferedReader(ink);
            String $line = "";
            int count = 1;
            boolean commentSwitch = false;

```



```

boolean speakStartSwitchN = false;
boolean speakStartSwitchD = false;

int commentCounter = 0;
boolean coursePointChecker = false;
boolean iPUChecker = false;
//解析
while(($line = brk.readLine()) != null) {
    if ($line.indexOf("%") != -1){
        if (commentSwitch == false) {
            System.out.println(count + "%t【初期注釈行】%t" + $line);
            if (commentCounter == 0) {
                writeXMLTalkComment(outputfilename, $line, "open");
            } else {
                writeXMLTalkComment(outputfilename, $line, "middle");
            }
            commentCounter++;
        } else {
            System.out.println(count + "%t【発話注釈行】%t" + $line);
            //※未対応
        }
    } else if (($line.indexOf("Point") != -1)||($line.indexOf("point") != -1)){
        System.out.println(count + "%t【コースポイントタグ】%t" + $line);
        commentSwitch = true;

        if (commentCounter > 0) {
            //TalkComment タグが開いていたら、閉じる
            writeXMLTalkComment(outputfilename, "", "close");
            commentCounter = 0;
        }
        if (iPUChecker == true) {
            //発話タグが開いていたら、閉じる
            writeXMLIPU(outputfilename, $line, "close");
            iPUChecker = false;
        }
        if (coursePointChecker == true) {
            //前のコースポイントのタグを閉じる
            writeXMLCoursePoint(outputfilename, filenameJyudaku, "", "close");
        }
        //新しいコースポイントのタグを開く
        writeXMLCoursePoint(outputfilename, filenameJyudaku, $line, "open");
        coursePointChecker = true;
    } else if ($line.indexOf("DAct") != -1){
        if ($line.indexOf("DActH") != -1){
            System.out.println(count + "%t【表情タグ】%t" + $line);
        } else if ($line.indexOf("DActU") != -1){
            System.out.println(count + "%t【運転タグ】%t" + $line);
        } else if ($line.indexOf("DActG") != -1){
            System.out.println(count + "%t【ジェスチャータグ】%t" + $line);
        }
        commentSwitch = true;

        if (commentCounter > 0) {
            //TalkComment タグが開いていたら、閉じる
            writeXMLTalkComment(outputfilename, "", "close");
            commentCounter = 0;
        }
        if (iPUChecker == true) {
            //発話タグが開いていたら、閉じる
            writeXMLIPU(outputfilename, $line, "close");
            iPUChecker = false;
        }
        writeXMLDAct(outputfilename, $line);
    } else if (($line.indexOf("N:") != -1)||($line.indexOf("D:") != -1)){
        if ($line.indexOf("N:") != -1){
            System.out.println(count + "%t【ナビゲータ発話開始】%t" + $line);
        } else if ($line.indexOf("D:") != -1){
            System.out.println(count + "%t【ドライバー発話開始】%t" + $line);
        }
        speakStartSwitchN = true; speakStartSwitchD = false; commentSwitch = true;

        if (commentCounter > 0) {
            //TalkComment タグが開いていたら、閉じる
            writeXMLTalkComment(outputfilename, "", "close");
            commentCounter = 0;
        }
        if (iPUChecker == true) {
            //発話タグが開いていたら、閉じる
            writeXMLIPU(outputfilename, $line, "close");
            iPUChecker = false;
        }
    }
}

```

```

        writeXMLIPU(outputfilename, $line, "open");
        iPUChecker = true;

    } else {
        if (commentCounter > 0) {
            //TalkComment タグが開いていたら、閉じる
            writeXMLTalkComment(outputfilename, "", "close");
            commentCounter = 0;
        }

        if (speakStartSwitchN == true) {
            System.out.println(count + "¥t【ナビゲータ発話】¥t" + $line);
            writeXMLLUW(outputfilename, $line);
        } else if (speakStartSwitchD == true) {
            System.out.println(count + "¥t【ドライバー発話】¥t" + $line);
            writeXMLLUW(outputfilename, $line);
        } else {
            //冒頭の空白行を除いて「その他」は出ないはずで、出たとしたら何らかのエラーの可能性あります。
            System.out.println(count + "¥t【その他】¥t" + $line);
            speakStartSwitchN = false; speakStartSwitchD = false;
        }
        commentSwitch = true;
    }
    count++;
}
ink.close();
brk.close();
fisk.close();

    if (iPUChecker == true) {
        //発話タグが開いていたら、閉じる
        writeXMLIPU(outputfilename, $line, "close");
        iPUChecker = false;
    }
    if (coursePointChecker == true) {
        //前のコースポイントのタグを閉じる
        writeXMLCoursePoint(outputfilename, filenameJyudaku, "", "close");
    }
    out2.write("</Talk>");
    out2.close();
    fos2.close();
} catch (Exception e) {
    System.out.println(e);
    errorReport("convert" + "¥t" + e + "¥n");
}
}

public static void writeXMLTalkComment(String outputfilename, String $line, String type) {
    try {
        FileOutputStream fos1 = new FileOutputStream(outputfilename, true);
        OutputStreamWriter out1 = new OutputStreamWriter(fos1, "UTF-8");

        if (type.equals("open")) {
            StringBuffer sb = new StringBuffer($line);
            sb.delete(0, 1);
            out1.write(" <TalkComment>¥n");
            out1.write(" <Comment CommentStrings=¥" + sb.toString() + "¥" />¥n");
        } else if (type.equals("middle")) {
            StringBuffer sb = new StringBuffer($line);
            sb.delete(0, 1);
            out1.write(" <Comment CommentStrings=¥" + sb.toString() + "¥" />¥n");
        } else if (type.equals("close")) {
            out1.write(" </TalkComment>¥n");
        }

        out1.close();
        fos1.close();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
        errorReport("writeXMLTalkComment" + "¥t" + $line + "¥t" + e + "¥n");
    }
}

}

public static void writeXMLCoursePoint(String outputfilename, String filenameJyudaku, String $line, String type) {
    try {
        FileOutputStream fos1 = new FileOutputStream(outputfilename, true);
        OutputStreamWriter out1 = new OutputStreamWriter(fos1, "UTF-8");
        if (type.equals("open")) {
            //属性を取得
            // <00130-00151 Point='1-9'>
            String[] spl1 = $line.split("¥(");
            String[] spl2 = spl1[a].split("¥¥");
            String[] spl3 = spl2[0].split(" ");

```

```

String[] spl4 = spl3[0].split("-");
String coursePointStartTime = editTime(spl4[0]);
String coursePointEndTime = editTime(spl4[a]);
String[] spl5 = spl3[a].split("");
String[] spl6 = spl5[a].split("-");
String coursePointRound = spl6[0];
String coursePointNumber = spl6[a];

//受諾情報を読み込み
String jyudaku = jyudakuCheck(outputfilename, filenameJyudaku, Integer.parseInt(coursePointRound),
Integer.parseInt(coursePointNumber));
String accepted = jyudaku;
String remarks = "";
String[] splJ = jyudaku.split(",");
if (splJ.length == 2) {
    //注釈があるとき
    accepted = splJ[0];
    remarks = splJ[a];
}

outl.write(" <CoursePoint CoursePointRound=" + coursePointRound + " CoursePointNumber=" + coursePointNumber
+ " Accepted=" + accepted + " CoursePointStartTime=" + coursePointStartTime + " CoursePointEndTime=" + coursePointEndTime + " Remarks=" +
remarks + ">\n");
} else if (type.equals("close")) {
    outl.write(" </CoursePoint>\n");
}
outl.close();
fosl.close();
} catch (Exception e) {
    System.out.println(e);
    errorReport("writeXMLCoursePoint" + "\t" + $line + "\t" + e + "\n");
}
}

public static void writeXMLIPU(String outputfilename, String $line, String type) {
    try {
        FileOutputStream fosl = new FileOutputStream(outputfilename, true);
        OutputStreamWriter outl = new OutputStreamWriter(fosl, "UTF-8");
        if (type.equals("open")) {
            //属性を取得
            // 0037 00130.595-00135.447 N:
            String[] spl1 = $line.split(" ");
            String iPUID = spl1[0];
            String speaker = "";
            if (spl1[b].equals("N:")) {
                speaker = "ナビゲータ";
            } else if (spl1[b].equals("D:")) {
                speaker = "ドライバー";
            }
        }
        String[] spl2 = spl1[a].split("-");
        String iPUStartTime = editTime(spl2[0]);
        String iPUEndTime = editTime(spl2[a]);

        outl.write(" <IPU IPUID=" + iPUID + " Speaker=" + speaker + " IPUStartTime=" + iPUStartTime + "
IPUEndTime=" + iPUEndTime + ">\n");
    } else if (type.equals("close")) {
        outl.write(" </IPU>\n");
    }

    outl.close();
    fosl.close();
} catch (Exception e) {
    System.out.println(e);
    errorReport("writeXMLIPU" + "\t" + $line + "\t" + e + "\n");
}
}

public static void writeXMLLUW(String outputfilename, String $line) {
    try {
        FileOutputStream fosl = new FileOutputStream(outputfilename, true);
        OutputStreamWriter outl = new OutputStreamWriter(fosl, "UTF-8");
        //属性を取得
        // 六十キロで & ログジュッキロデ
        String[] spl1 = $line.split("&");
        if (spl1.length == 2) {
            //スペースを削除
            String LUWDictionaryForm = editSpace(spl1[0]);
            String LUWLemma = editSpace(spl1[a]);
            outl.write(" <LUW LUWDictionaryForm=" + LUWDictionaryForm + " LUWLemma=" + LUWLemma + ">\n");
            outl.write(" </LUW>\n");
        } else if (spl1.length == 1) {
            //笑などのとき
            //スペースを削除
            String LUWDictionaryForm = editSpace(spl1[0]);
            outl.write(" <LUW LUWDictionaryForm=" + LUWDictionaryForm + " LUWLemma=" + ">\n");
        }
    }
}

```

```

        outl.write("    </LUW>\n");
    }
    outl.close();
    fosl.close();
} catch (Exception e) {
    System.out.println(e);
    errorReport("writeXMLLUW" + "\t" + $line + "\t" + e + "\n");
}
}

public static void writeXMLDAct(String outputfilename, String $line) {
    try {
        FileOutputStream fosl = new FileOutputStream(outputfilename, true);
        OutputStreamWriter outl = new OutputStreamWriter(fosl, "UTF-8");
        //属性を取得
        // <00136-00138 DActU='減速',before='132',after='62' >
        String[] spl1 = $line.split("¥¥");
        String[] spl2 = spl1[a].split("¥¥");
        String[] spl3 = spl2[0].split(" ");
        String[] spl4 = spl3[0].split("-");
        String dActStartTime = editTime(spl4[0]);
        String dActEndTime = editTime(spl4[a]);
        String[] spl5 = spl3[a].split(",");
        String driveSpeedbefore = "";
        String driveSpeedafter = "";
        if (spl5.length == 3) {
            String[] spl6b = spl5[a].split("");
            driveSpeedbefore = spl6b[a];
            String[] spl6a = spl5[b].split("");
            driveSpeedafter = spl6a[a];
        }
        String[] spl7 = spl5[0].split("=");
        String dActType = "";
        if (spl7[0].equals("DActU")) {
            dActType = "D";
        } else if (spl7[0].equals("DActH")) {
            dActType = "E";
        } else if (spl7[0].equals("DActG")) {
            dActType = "G";
        }
        String[] spl8 = spl7[a].split("");
        String driveAct = spl8[a];

        outl.write("    <DAct DActType=¥¥" + dActType + "¥¥ DriveAct=¥¥" + driveAct + "¥¥ DActStartTime=¥¥" + dActStartTime +
        "¥¥ DActEndTime=¥¥" + dActEndTime + "¥¥ DriveSpeedBefore=¥¥" + driveSpeedbefore + "¥¥ DriveSpeedAfter=¥¥" + driveSpeedafter + "¥¥>\n");
        outl.write("    </DAct>\n");
        outl.close();
        fosl.close();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
        errorReport("writeXMLDAct" + "\t" + $line + "\t" + e + "\n");
    }
}
}

```

//例外表記を修正

// 【注意点 1】 発話開始～終了の間に、DAct タグが挿入される場合あり (080220DKNOEX.EXP.TRN の 142 行目など)

// 【注意点 2】 コースポイントは 080219 は「1」、080218 と 080220 は「1-1」表記

// 【注意点 3】 <H><SOT>などのタグは全て、()表記に修正

// 一度でも【注意点 1】の修正を行なった場合、true を返す

// 【問題点】 挿入された DAct が 2 個以上ある場合、ソートの過程で順番が入れ替わってしまいます。

```

public static boolean rewrite(String filenameDouga) {
    boolean result = false;
    try {
        String outputLine = "%";
        //ファイル読み込み
        FileInputStream fisk = new FileInputStream(filenameDouga);
        InputStreamReader ink = new InputStreamReader(fisk, "JIS");
        BufferedReader brk = new BufferedReader(ink);
        String $line = "";
        int count = 1;
        boolean speakStartSwitch = false;
        //解析
        String beforeLine = "";
        String insideDActLine = "";
        boolean insideDAct = false;
        int courseCounter = 0;
        String beforeCoursePoint = "6";
        while(($line = brk.readLine()) != null) {
            //<がなくなるまでループ
            while ($line.indexOf("<") != -1) {
                int pos1 = $line.indexOf("<");
                //<を削除
                StringBuffer sb = new StringBuffer($line);
            }
        }
    }
}

```

```

        sb.deleteCharAt(pos1);
        //(を挿入
        sb.insert(pos1, "(");
        //>を検索
        int pos2 = $line.indexOf(">");
        //>を削除
        sb.deleteCharAt(pos2);
        //(を挿入
        sb.insert(pos2, ")");
        $line = sb.toString();
    }

    if ($line.indexOf("%") != -1) {
        //System.out.println(count + "¥t 【注釈行】 ¥t" + $line);
    } else if (($line.indexOf("Point") != -1) || ($line.indexOf("point") != -1)) {
        System.out.println(count + "¥t 【コースポイントタグ】 ¥t" + $line);
        //「」でかこまれた部分を切り出す
        String[] spl = $line.split("'");
        if (spl[a].indexOf("-") == -1) {
            if (Integer.parseInt(spl[a]) < Integer.parseInt(beforeCoursePoint)) {
                courseCounter++;
            }
            System.out.print(" ★ " + $line + "を");
            $line = spl[0] + "" + courseCounter + "-" + spl[a] + "" + spl[b];
            System.out.println($line + "に修正");
            beforeCoursePoint = spl[a];
        }
        speakStartSwitch = false;
    } else if ($line.indexOf("DActH") != -1) {
        System.out.println(count + "¥t 【表情タグ】 ¥t" + $line);
        speakStartSwitch = false;
    } else if ($line.indexOf("DActU") != -1) {
        System.out.println(count + "¥t 【運転タグ】 ¥t" + $line);
        speakStartSwitch = false;
    } else if ($line.indexOf("DActG") != -1) {
        System.out.println(count + "¥t 【ジェスチャータグ】 ¥t" + $line);
        speakStartSwitch = false;
    } else if (($line.indexOf("N:") != -1) || ($line.indexOf("D:") != -1)) {
        System.out.println(count + "¥t 【ナビゲータ or ドライバー発話開始】 ¥t" + $line);
        speakStartSwitch = true;
        if (insideDAct == true) {
            System.out.println(" ★ " + insideDActLine + "の位置を修正して書き出し");
            beforeLine = insideDActLine;
            insideDAct = false;
            result = true;
        }
    } else {
        if (speakStartSwitch == true) {
            System.out.println(count + "¥t 【ナビゲータ or ドライバー発話】 ¥t" + $line);
        } else {
            System.out.println(count + "¥t 【その他】 ¥t" + $line);
            if (insideDAct == false) {
                insideDActLine = beforeLine;
            }
            System.out.println(" ★ " + insideDActLine + "をキープ");
            speakStartSwitch = false;
            insideDAct = true;
        }
    }
    count++;
    if (insideDAct == false) {
        outputLine = outputLine + beforeLine + "¥n";
    } else {
        outputLine = outputLine + $line + "¥n";
    }
    beforeLine = $line;
    //発話開始～終了の間に、DAct タグが挿入される場合を判定
}
ink.close();
brk.close();
fisk.close();

//書き込み
FileOutputStream fos1 = new FileOutputStream("cache_EXP.TRN");
OutputStreamWriter out1 = new OutputStreamWriter(fos1, "JIS");
out1.write(outputLine);
out1.close();
fos1.close();

} catch (Exception e) {
    System.out.println(e);
    errorReport("rewrite" + "¥t" + e + "¥n");
}
return result;

```

```

}
//エラーレポート作成
public static void errorReport(String $line) {
    try {
        FileOutputStream fosE = new FileOutputStream("errorReport.txt", true);
        OutputStreamWriter outE = new OutputStreamWriter( fosE , "UTF-8");
        outE.write($line);
        outE.close();
        fosE.close();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
    }
}
//受諾/非受諾のチェック
public static String jyudakuCheck(String outputfilename, String filenameJyudaku, int coursePointRound, int coursePointNumber){
    String jyudaku = "";
    try {
        //080220DKNOEX.EXP.TRN
        String strsub1 = outputfilename.substring(8, 10);
        String strsub2 = outputfilename.substring(6, 8);
        String strsub3 = outputfilename.substring(10, 12);

        //ファイル読み込み
        FileInputStream fisk = new FileInputStream(filenameJyudaku);
        InputStreamReader ink = new InputStreamReader(fisk , "SJIS");
        BufferedReader brk = new BufferedReader(ink);
        String $line = "";
        while(($line = brk.readLine()) != null) {
            String[] spl = $line.split("¥t");
            if ( ( spl[0].equals(strsub1)) && (spl[a].equals(strsub2)) && (spl[b].equals(strsub3)) ){
                //jyudaku_check_k3.txt における該当データの横座標を計算
                int roundNumber = 2 + coursePointNumber + (coursePointRound - 1) * 9;
                jyudaku = spl[20oundNumber];
                System.out.println("◎" + strsub1 + " " + strsub2 + " " + strsub3 + " " + coursePointRound +
                    "-" + coursePointNumber + " の受諾率は " + spl[20oundNumber] );
            }
        }
        ink.close();
        brk.close();
        fisk.close();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
    }
    return jyudaku;
}
//時間表記の頭の「000」を削除
public static String editTime(String timeline){
    String newTimeLine = "";
    try {
        boolean checkHead = true;
        //一文字ずつ処理
        for (int i = 0; i < timeline.length(); i++) {
            String thisString = timeline.substring(i, i+1);
            if(thisString.equals("0")) {
                if (checkHead == false){
                    //先頭以外のゼロはそのまま残す
                    newTimeLine = newTimeLine + thisString;
                }
            } else {
                checkHead = false;
                newTimeLine = newTimeLine + thisString;
            }
        }
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
    }
    return newTimeLine;
}
//発話表記の最初と最後のスペースを削除
public static String editSpace(String line){
    String newLine = "";
    try {
        //最初から一文字ずつ処理
        boolean checkHead = true;
        for (int i = 0; i < line.length(); i++) {
            String thisString = line.substring(i, i+1);
            //System.out.println(thisString);
            if(thisString.equals(" ")||thisString.equals(" ")) {
                if (checkHead == false){
                    //最初以外のゼロはそのまま残す
                    newLine = newLine + thisString;
                }
            } else {

```

```

        checkHead = false;
        newLine = newLine + thisString;
    }
}

line = newLine;
newLine = "";

//最後から一文字ずつ処理
boolean checkLast = true;
for (int i = line.length(); i > 0; i--) {
    String thisString = line.substring(i-1, i);
    //System.out.println(thisString);
    if(thisString.equals(" ")||thisString.equals(" ")) {
        if (checkLast == false){
            //最後以外のゼロはそのまま残す
            newLine = thisString + newLine;
        }
    } else {
        checkLast = false;
        newLine = thisString + newLine;
    }
}
} catch (Exception e) {
    System.out.println(e);
}
return newLine;
}
}

```

■首振り動作の高速化

(マクロプログラム macro_papero/マクロ.ss7 の 1090 行目, 1660 行目に以下を追記)

```
else if( $3[$i] == "ターボ" ){
    <!-- 移動速度 200cm/s (2008/10/30 菊池研宮澤が追記) -->
    $移動速度[$i] = 200;
}
```

■ナビゲーション発話の制御プログラムの実例

(PaPeRo のビジュアルエディタを使って作成, 一部抜粋)

(hongkong コースのナビゲーション発話 hongkong1.wav~hongkong9.wav を順番に再生する場合)

(1/2)

```
<?xml version="1.0" encoding="shift_JIS"?>
<scenario name="scene7" type="no-mode">
/*
つかいかた
9 番のコースポイントに差し掛かったら, RoboStudio Simulator 上で「$x=9:」と入力して Exec (Exec ボタンは連打)
*/
<state name="共通">
<init>
    LED. LED目発光[0] (1, 1, 0, 0, &quot;緑&quot;, &quot;緑&quot;, 20);
    Speech. 発話再生開始 (" {A4} こんにちは. 菊池研究室の, (ロボットの名称) です. 今から準備します. ");

    マクロ.Mecha_サーボ設定("ALL", "ON");
    Mecha. 頭モータ自動調整();
    マクロ.Action_アクション実行(
    direct.GetDataDirectory()+"Wave¥¥"+"v_se_tarirariran_01"+"".mp3",
    "セリフ", "同期割込み不可", "優先する", "記憶しない", "不要");
    Mecha. 本体コマンド実行条件("AVケーブル", "チェックしない");
    マクロ.Head_絶対動作("0", "0", "ターボ");
    Speech. 発話再生開始 (" {A4} 準備できました. ");

    goto &quot;スタートダミー&quot;;

</init>
</state>

(略)

<state name="マーク 1">
<default num="2" pri="1">
    MtnPlayer. 振付発話[a] (&quot;視線を合わせるアクションをします. &quot;);;
    マクロ.Body_本体回転("-120", "ターボ", "同期割込み不可");
    LED. LED目発光[0] (1, 1, 0, 0, &quot;緑&quot;, &quot;緑&quot;, 40);
    goto &quot;状態 0&quot;;
</default>
</state>

(略)

<state name="マーク 2">
<default num="2" pri="1">
    マクロ.Body_本体回転("120", "ターボ", "同期割込み不可");
    goto &quot;状態 1&quot;;
</default>
</state>

(略)
```


(2/2)

```
<state name="状態 4">
<default num="2" pri="1">
    Speech. 発話再生開始 ("A4} コースのガイドと, この, 曲がりに入る時のスピードを, 簡単に, まず言っていくようにするので, 参考になる程度に聞いてください");
</default>
</state>
```

(略)

```
<state name="状態 7">
<default num="2" pri="1">
    /* 1 番を再生します. */
    マクロ.Action_アクション実行(direct.GetDataDirectory()+"UserScenarios¥¥k-labN09¥¥hongkong¥¥"+"hongkong1.wav",
    "セリフ", "同期割込み不可", "優先する", "記憶しない", "不要");goto "状態 8";
</default>
</state>
```

(略)