

外93-39

早稲田大学大学院理工学研究科

2062

博士論文概要

論文題目

高機能電話端末におけるヒューマンインターフェース
の設計法に関する研究

申請者

松尾 直樹

NAOKI MATSUO

平成 5 年 11 月

デジタル通信網（I S D N）の本格的実用期を迎えるとともに、将来の広域通信需要に応えるプロードバンドI S D N（B-I S D N）の研究開発が内外で活発化している。このような公衆網のデジタル化、広域化、高機能化に合わせ、より高度で便利なサービスを数多く提供する高機能な端末の研究開発も活発に行われている。

しかしながら、端末における機能の高度化、サービスの多様化は、一般的に操作するキー数の増加や、操作手順の複雑化をもたらす。このために、ユーザが操作方法を習得するのに多大な労力が要求される、使いにくいために高度な機能が利用されない、などの問題が生じる。特に、電話機のような幅広いユーザに利用される端末の場合には、新しい機能をマニュアルを見なくとも容易に操作方法を習得できるようなヒューマンインターフェースを提供することが重要である。

端末のヒューマンインターフェースは、キーの押し易さ、ハンドセットの握り易さ等に代表される、人間が直接触れたり、見たりする事項に関する、言わば“Physicalヒューマンインターフェース”と、可聴音の聞き分け易さ、音声の聞き取り易さ、操作手順の覚え易さ等に代表される、人間の認知や記憶に関する、言わば“Mentalヒューマンインターフェース”的2つに大きく分類される。前者については、人間工学の分野で古くから研究が行われており、その評価法も一般化しているものが多い。しかし、後者については、認知工学の分野で近年研究が活発化しつつあるものの、使い易いヒューマンインターフェースの設計法及びその評価法が必ずしも確立していないのが現状である。

そこで、本研究では、音声・データ・映像のマルチメディア通信を可能とすると共に、発着信機能の高度化を図った高機能電話端末を対象に、それを使い易くするための設計指針を提供することを目的に、その発着信機能、音声通信及びデータ通信機能のMentalヒューマンインターフェースの設計法に関して、認知工学的な側面から研究し、ヒューマンインターフェースの改善策と設計指針を提案するとともに、具体的な端末を例に改善策の有効性を評価した。

端末の機能高度化により、複数相手とのマルチメディア通信が可能となり、発着信機能の操作性の簡易化が重要となる。このためには、電子電話帳（ディレクトリ）を用いた発信機能の高度化や、ネットワークや端末の種々の状態を表示する可聴音の多様化が必要となる。そこで、発着信機能については、現行の電話システムにおける可聴音（ダイヤルトーン、ビジートーン等）と、最近の高機能電話機の多くに搭載されているディレクトリ発信機能を検討対象にした。次に、データ通信機能については、ペン入力コンピュータ等のように手書きによる入力が可能で、電子メール通信の大衆化のトリガとして期待される簡易電子メール装置を取りあげ、メール送受信機能のうち最も手順が複雑となる送信手順を対象にした。また、音声通信機能については、将来とも必須の基本機能であり、A T M（Asynchronous Transfer Mode）方式を用いてB-I S D Nを実現する試みが行わ

れていることを考慮し、パケット交換型ネットワークにおいて音声通信を行う場合の通信品質について検討を行った。更に、個々のユーザの経験や知識に合ったヒューマンインターフェース”パーソナルヒューマンインターフェース”を提供することが有効であることを示すとともに、その実現手段の1つであるI Cカードとタッチスクリーンを組み合わせて用いる方法に着目し、それらを活用したサービスの検討及び実験機の試作によるフィージビリティ確認を行った。以下に、本論文の各章の概要を示す。

最初に、第2章では、システムに対するユーザの知識と、システムの動作に対するユーザの行動の関係を明らかにするとともに、電話システムの発着信機能のうちの主に可聴音に関するヒューマンインターフェースの設計指針を得ることを目的に、現行の電話システムについて、ユーザがどの程度の知識をもって、どのように行動しているかを調査・分析した。まず、可聴音に関するユーザの知識の保有度、電話システムの動作に対するユーザの行動の仕方についてアンケート調査を行った。その結果に基づいて、知識と行動の関係について考察し、機器操作にかかる知識と行動のモデルを提案した。更に、化学プラント等の高度なシステムにおける熟練オペレータの操作と知識の関係を説明するために提案されたモデル（Rasmussenモデル）と、本研究で提案したモデルとの対応について考察し、提案したモデルにより機器操作にかかる人間の知識と行動の関係を表せることを明らかにした。また、ユーザの保有知識からみた可聴音の改善案を示した。

一方、近年のヒューマンインターフェースの研究によれば、未知の機能を操作する際、ユーザは何らかのメンタルモデルを形成し操作していることが知られている。また、操作方法の効率的な習得には、適切なメンタルモデルをユーザに形成させることが有効であると言われている。

そこで、第3章で、未知の機能の初操作時に、メンタルモデルがユーザの中にどのように形成されていくかを明らかにすること、及びディレクトリ発信機能の設計指針を得ることを目的に、メンタルモデルの形成過程を実験システムを用いた実操作実験により検討した。その結果、未知機能の初操作時には、ユーザは過去の経験で得た操作知識を基にメンタルモデルを形成し、そのモデルを想定して操作を行うことを明らかにした。また、本検討を通して得たディレクトリ発信機能の設計指針を示した。

次に、第4章で、比較的複雑な操作手順を、ユーザが容易に習得できるようにすることを目的に、適切なメンタルモデルを容易に形成させるテクニックの1つであるメタフォア（比喩）に着目し、それが操作の習得にどの程度有効であるかについて検討を行った。タッチスクリーン上をペンで直接触れることによりキー操作及び手書き情報（描画像）通信が可能な簡易電子メール装置を対象に、メール送信手順を「郵便で封書を送る手順」にたとえ、それが操作手順の覚えやすさに与える効果を明らかにするために、実験装置を用いた実操作実験を行った。被

験者を3組に分け、各組ごとに異なる方法で、メールの送信手順を教示し、1日目と3日後、3カ月後に実験装置を操作してもらい、操作に要した時間を測定すると共に、誤操作をした人の割合を求めた。その結果、送信手順が封書を送る手順にたとえられていることを教示すると、手順を覚えやすく記憶が長続きし、メタフォア利用の効果が出ることがわかった。

続いて、第5章では、音声通信機能を対象に、パケット交換型ネットワークにおいて音声通信を行う場合の通話品質について検討した。パケット交換型ネットワークで原理的に生じるパケット廃棄率が大きい条件でも、品質上許容できる音声通信を実現することを目的に、複数パケット間で音声サンプルを入れ替えるインタリープ法を適用することを提案した。インタリープ法を適用した音声パケット通信について、音声品質の主観評価実験を行った結果、パケット廃棄率が10%以下では、了解性はほとんど低下しないことが分かった。また、自然性評価の結果、パケット廃棄率が5%の場合でも、ほぼ満足な音声通信を実現しうることを示した。

前記のように、ユーザが新しい機能の操作を初めて行う場合には、過去の経験で獲得したメンタルモデルをベースに操作を試みることから、個々のユーザのメンタルモデルに合わせた"パーソナルヒューマンインターフェース"を提供することは、ユーザに操作手順を正確かつ容易に習得させうる可能性がある。

そこで、第6章では、個々のユーザの経験や知識に合ったパーソナルヒューマンインターフェースを提供することを目的に、その有効な実現方法の1つとして、ICカードとタッチスクリーンを利用する方法に着目し、実際にそれらを用いた実験機を試作してフィージビリティ確認を行った。それらのデバイスを用いた有効なサービスについて検討するとともに、各デバイスの使用方法、使用上の問題点等を明らかにした。まず、ICカードに蓄積するユーザの情報と、それらの情報を活用したパーソナル電話サービスを整理した。それを基に実験用ICカード電話機を試作し、機能やヒューマンインターフェースの確認を行い、ICカードのポータビリティ、セキュリティ等の特徴を生かしたパーソナルサービスが有望であることを示した。次に、タッチスクリーンを用いた端末を試作し、電話帳サービス、留守番電話サービス等を実現し、フィージビリティの確認を行った。その結果として、タッチスクリーンが、サービス及びヒューマンインターフェースの高度化に有効なデバイスであることを明らかにした。また、最後にヒューマンインターフェースのパーソナル化とともに、音声、動画、アニメーション等のマルチメディアを活用した"マルチモーダルインターフェース"の実現が、より自然で人に優しいヒューマンインターフェースの提供に有望であることを示した。