

博士（人間科学） 学位論文

ダイナミックタッチによる
知覚と探索の発達的研究

Developmental Study
of Perception and Exploration
by Dynamic Touch

2005年 1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

清水 武 (SHIMIZU, Takeshi)

研究指導員： 根ヶ山光一 教授

目次

第1章	ダイナミックタッチ研究小史：批判的レビュー	1
1.1	ダイナミックタッチの理論的背景	1
1.2	生態心理学における成果	5
1.3	先行研究の問題：慣性テンソル一元論	10
1.4	精神物理学の方法論的性質と原理的限界	14
第2章	研究計画：総合的な現象理解に向けて	19
2.1	知覚の人間科学	19
2.2	研究目的と問題の再設定	21
2.3	本研究の構成	27
第3章	精神物理学における回帰分析の改良：共分散分析の導入	31
3.1	平均値標本の問題点	31
3.2	代替案	32
3.3	共分散分析の特長	34
第4章	棒の長さ知覚課題における探索行為の発達的研究	38
4.1	問題	38
4.2	予備実験	43
4.3	方法	43
4.4	結果	49

4.5	考 察	59
第 5 章	静止保持時の棒の長さ知覚と精神物理学モデル	63
5.1	静止保持時のモデル：レヴュー	63
5.2	新モデルの提案	68
5.3	実 験 1	70
5.4	実 験 2	76
5.5	実 験 3	78
5.6	総合考察	81
5.7	新たな展開	83
第 6 章	不変項検知の発達的变化：精神物理的記述	85
6.1	分析モデル	85
6.2	方 法	86
6.3	結 果	91
6.4	考 察	95
第 7 章	知覚における確信度変化への現象学的アプローチ	98
7.1	確かさの感触	98
7.2	実 験	102
7.3	結 果	104
7.4	考 察	106
第 8 章	恒常性への実験現象学的アプローチ	110
8.1	ダイナミックタッチの恒常性	110
8.2	実 験	116
8.3	結果と考察	121

8.4 総合考察	132
第9章 総合議論	137
9.1 主な結果のまとめ	137
9.2 知覚と探索の発達構造	140
9.3 人間科学における方法論と記述の問題	146
9.4 まとめ	148
引用文献	149
謝辞	160
付録	163

目 次

1.1	棒を持つ手の模式図	8
2.1	本研究の方法間トライアングレーション	29
4.1	主な把握形態	47
4.2	振りの方向	48
4.3	年齢群別に示した各把握形態の出現率と反復および棒の長さによる影響	51
4.4	年齢群別に示した主な2つの把握形態の個体内変動	52
4.5	年齢群別に示した各方向の振りの出現率と反復および棒の長さによる影響	55
4.6	年齢群別に示した主2つの振り方の個体内変動	56
4.7	年齢群別に示した各ブロックごとの棒の長さ報告結果	57
5.1	棒の持ち方と質量, トルク	64
5.2	棒を持つ手の模式図 (Figure 1.1 再掲)	69
5.3	実験場面模式図	72
6.1	実験場面模式図	89
6.2	4つの年齢群の知覚報告結果	91
7.1	実験場面模式図	104
7.2	群別に示した報告された長さと確信度	105

8.1 実験場面模式図	118
-----------------------	-----

表 目 次

2.1	本研究における3つの課題と各章との関係	28
3.1	モデルの現象適合性と分散説明率の関係	36
4.1	振りの出現率の年齢群別人数分布	53
5.1	実験1で使用した棒の各物理量	71
5.2	実験1において知覚された棒の長さの幾何平均値と慣性テンソル	74
5.3	実験1における各モデルの分析結果	75
5.4	実験2・3で使用した棒の各物理量	77
5.5	実験2・3において知覚された棒の長さの幾何平均値	78
5.6	実験2における各モデルの分析結果	79
5.7	ダイナミックタッチによる長さ知覚の分析結果	80
6.1	実験に参加した被験者の人数構成	87
6.2	実験で使用した棒の慣性テンソル	88
6.3	各年齢群における振りの出現割合の分布	92
6.4	各年齢群別の主要な推定パラメータ	93
6.5	分散分析表	94
8.1	実験で使用した棒の慣性テンソル	119
8.2	振りかたを変えたときの回帰係数と切片値の変化	123

8.3 Pagano, Fitzpatrick, & Turvey(1993) の枠組みと対比させ た本研究の研究法及びスタンス	136
---	-----

なお本研究のいくつかの章は，既発表の学術論文や採択済み論文，学会発表などをもとに執筆・改稿している。

1, 2 章

清水 武. (印刷中). ダイナミックタッチ研究の現状と今後の課題：批判的レビュー. 認知心理学研究.

3 章

清水 武. (2001). 個人差を誤差としない方法論に向けて. 日本心理学会第 65 回大会ワークショップ企画. 個々人の「心」からのアプローチ 個人差を誤差としないより妥当な理論と技術開発を目指して (話題提供). 筑波.

4 章

清水 武・根ヶ山光一 (2003). 棒の長さ知覚課題におけるダイナミックタッチの発達的研究. 発達心理学研究, 14, 113–123.

6 章

Shimizu, T. (2002). Psychophysical development in length perception by dynamic touch. International Society for the Study of Behavioral Development. Ottawa, Canada. 2002 年 8 月.

7 章

清水 武・西條剛央 (2004). 知覚における確信度変化への現象学的アプローチ. 認知科学, 11, 299–305.

清水 武. (2002). 探索のしかたを変化させる経験：知覚される情報の変化にともなう確信の変化. 日本心理学会第 66 回大会発表論文集. 広島.

8 章

清水 武・西條剛央・白神敬介. (印刷中). ダイナミックタッチにおける

知覚の恒常性：方法論としての精神物理学と実験現象学. 質的心理学
研究.

第1章 ダイナミックタッチ研究 小史：批判的レビュー

我々人間は自らを取りまく環境に触れ、情報を知覚して生きている。その営みはあまりにも日常化されているが、そこで我々は一体何をしているのだろうか。そしてまた、どのような過程と共に、情報の知覚は可能になっていくのだろうか。

経験される世界に立ち現れる現象が全て、“知覚”に基礎をおくならば、知覚現象を問い直す試みは、我々人間の経験世界そのもののあり方を見つめ直すことにつながるだろう。本研究の目的は、ダイナミックタッチと呼ばれる触の観察を通して、人間の知覚についての法則性を、生成プロセスを含めて、動的に構造化することである。

1.1 ダイナミックタッチの理論的背景

本研究は、生態心理学において現在最も検討が進められているテーマのひとつであるダイナミックタッチ (Gibson, 1966; Turvey, 1996/2001) と呼ばれる能動触に焦点をあて、検討をおこなう。

1.1.1 ダイナミックタッチ

一般に触というと皮膚接触をイメージするが、ダイナミックタッチはいわゆる皮膚接触とは異なり、筋感覚を含む運動性触覚 (kinesthetic touch, Loomis & Lederman, 1986) のことである (Turvey, 1996/2001)。例えば、手に持った物 (剛体) を振ってみると、直接目で見ることなしに、その対

象物の届く距離 (Solomon & Turvey, 1988) を知覚できるが、これがダイナミックタッチの働きであるという。

その働きは実に多彩で、長さ以外にも、対象物の形状 (Burton, Turvey & Solomon 1990)、対象のどこを持っているのかといった保持位置に関する情報 (Pagano, Kinsella-Shaw, Cassidy, & Turvey, 1994)、さらには、自分自身の腕がどういった方向に向いているのか (Pagano & Turvey, 1995) も知ることができる。

Turvey(1996/2001) によれば、「ダイナミックタッチあるいは運動性触覚をその他の触と区別しているのは、筋活動の寄与の大きさと、それによってもたらされる感覚系の反応」と述べられており、ダイナミックタッチは、特に振る動きに限定されるわけではない。例えば、情報を探索するために、手は振る以外にも、触れる、つつくなど、さまざまに動くが、このような動きは総称して、ダイナミックタッチと呼ばれている (佐々木, 1994)。

また、対象の一部にしか触れていないにもかかわらず、「触れている対象の全体について知ることができる」(三嶋, 2001) というのもダイナミックタッチの重要な特徴として挙げられるだろう。「空間的に離れた事物を特定できるという点では、視覚などの知覚と同様の特性を備えている」(三嶋, 2001) のである。

以上に論じたように、ダイナミックタッチは探索の役割が非常に大きい。そのため、探索との関係性において知覚を捉える必要性があり、研究においては知覚者の能動的な動きを理論に組み込む必要がある。それでは、ダイナミックタッチ研究の理論的な背景は、歴史的にどのように位置づけられるのだろうか。知覚研究の歴史と共に確認しておこう。

1.1.2 伝統的な知覚研究の基本枠組み

心理学における知覚研究は、一部を除いて伝統的に、末梢の感覚と中枢とを二分して扱う感覚主義に基づいてきた¹。しかしながら、この感覚主義にはいくつかの問題が指摘される。

触覚の特異性

まず、触覚は感覚主義により扱うことが難しい。視覚や聴覚といった知覚を想定すれば、それぞれの知覚は専用の感覚受容器と機能があると考えられるが、例えば、Neisser(1976/1978)が指摘するように、触覚は固有の機構を持たず、網膜や基底膜に対比されるような単一の構造を介して取り入れられるものではない。

既に述べたように、ダイナミックタッチは、その働きによって保持対象の長さや形状、保持位置などの多様な情報が知覚可能とされ、それらの知覚に寄与している筋や関節には、筋や腱の収縮・伸張を検知する感覚受容器が確かに存在する²。ただし、それらの筋や関節の受容器が、達成される知覚情報に一対一で対応しているわけではない。つまり、長さや形状を専門的に弁別する感覚受容器があるわけではないのである。このため、感覚主義的前提を採ると触覚の説明は困難になる。

間接知覚論の原理的境界

加えて、原理的な問題がある。感覚主義においては、知覚とは世界と直接触れることのできる感覚に対し、あくまでも知覚者の構成物、換言すれば、演繹や推論の結果とみなされる。その意味では間接知覚論といふことができる(佐々木, 2000)。

¹現在の知覚研究ではフィードフォワード的に情報を送る伝統的な考え方は必ずしも一般的ではなくなってきており、直接知覚の概念を取り入れた視覚モデルも存在するという。

²筋肉の受容器としては、筋紡錘、Golgi 腱紡錘、さらに有髄線維をもつ関節受容器としては Golgi Manzoni 小体、Pacini 小体、Ruffini 終末などがある (Schmit, 1981/1989)。

「間接知覚論によれば、知覚世界とは実在の世界そのものではなく、心がつくりだした実在の表象である。実在の世界からやってくるのは構成要素(感覚、センス・データなど)だけであり、心や脳がこれらの要素を加工することで複雑でまとまりのある知覚世界がつくりだされるという」(河野, 2001)。その代表としては、19世紀に広く知られることとなったミュラーの特殊神経エネルギー説や、弟子のヘルムホルツの提唱した無意識論的推論説などが良く知られるところだろう(Reed, 1997/2000)。これら全てをひとくくりにすることは厳密な意味ではできないが、このようなアイディアはデカルト、さらにはプラトンにまで歴史をたどることができる(Lombardo, 1987/2000)。

しかし、こうした間接知覚論は、その認識の背景に心身二元論を抱えており、原理的な問題に突き当たる。すなわち、原因としての感覚受容器の興奮、中枢による推論の働きによって知覚が構成されるといった、因果論的な説明枠組みにおいては、佐々木(1993)が論じているように、我々には決して見ることのできない内部や奥底へと、心の謎を一段階(場合によってはそれ以上)先延ばしにすることにつながるのである。

1.1.3 知覚システム理論

上記の伝統的な枠組みに対比させることで、Gibsonが体系化した理論(1966, 1979/1985)の重要な特徴が指摘できる。「アフォーダンス」(Gibson, 1979/1985)³で知られる彼の理論は、認識枠組みがそれまでのものとは全く異なり、知覚者と環境とを含む全体をマクロに扱うひとつのシステム論の立場を採る。一言でいえば、知覚を感覚に優先させた直接知覚論である。

³アフォーダンスとは、与える、提供するという意味のアフォード(afford)という動詞を名詞化した、Gibsonの造語である。生態心理学のキーワードとして「環境が、その中で生きる動物に与えてくれる行為の機会」(三嶋, 2000)を指す。

Gibson は、世界を探索する知覚者と、知覚者の接している環境までを含めたひとつの全体としての「知覚システム」(Gibson, 1966) を考えた。そして、能動的に探索する知覚者が環境から得る情報は一定のしかたで変化するが、そうした可変的な情報の中に、知覚者は自身と環境との間の変わらない関係性を直接的に知覚すると考えられている。そして、このような「『変化』の中で立ち現れる『不変』な性質(三嶋, 2000)」を不変項と呼んだ。

動きを剰余変数とした伝統的な知覚研究とは異なり、知覚システム論においては、それがむしろ不可欠なものと位置づけられる。また、知覚と探索運動は独立した過程ではなく、相互に依存しあうとされ、その認識論は心身二元論でも唯物一元論でもないという(Lombardo, 1987/2000)。

そして、知覚は感覚データを中枢において処理した産物ではなく、知覚者の能動的な動きによって環境から直接的に抽出された、意味や価値としての情報と考えられる。ここでいう情報とは「変化の中で立ち現れる不変な性質」(三嶋, 2000) のことで、知覚者と環境との間の変わらない関係性を意味している。かくして、知覚はミクロな受容器への入力刺激の処理結果としてではなく、「マクロに組織化した身体」(佐々木, 1994) によって環境から選択的に抽出された情報と捉えられる枠組みが提供されたといえよう。

1.2 生態心理学における成果

それでは、ダイナミックタッチに関連する研究史を概観し、これまでに得られた知見と、今後取り組むべき課題を明らかにしよう。

ダイナミックタッチに関する研究は、Gibson の理論に依拠し、Turvey らのグループを中心に実証的研究が発展した。それらの研究の多くは、視

覚情報を遮断した状態で棒の長さをダイナミックタッチによって知覚させる実験課題を設定し、知覚者が利用している不変項情報を特定することに主題がおかれた。

1.2.1 慣性テンソルモデル

ダイナミックタッチによる探索において、長さを特定する情報とは何であろうか。通常ならば、いわゆる重量が知覚量を説明する変数として、候補にあがるかもしれない。

ただし、棒のような剛体を手で持って振ってみると、振るときに感じられる負荷は時々刻々と変化するため、そこでは知能の働きを持ち込む説明が与えられる。すなわち、我々は「剛体が伸び縮みしないことを『知っている』」し、「重力などの加速度によっても物体の質量が変化しないことを『知っている』」。故に、重力などの加速度の影響を差し引くことによって、同じ材質、同じ太さであれば、推論の当然の結果として「重い棒は長いのだ」とわかるはず⁴、とするのである(三嶋, 2000)。

Solomon & Turvey(1988) は、こうした中枢の処理や推論を想定せず、Gibson の主張する不変項の直接知覚論に基づき、力学的な精神物理学モデルを提案した。剛体としての棒を振るときの運動方程式は

$$N_i = (I_{ij} \cdot \dot{\omega}_j) + \omega_j \times (I_{ij} \cdot \omega_j) \quad (1.1)$$

のように書くことができる(Pagano & Turvey, 1995; Goldstein, 1980; 三嶋, 2001)。ここで「 \cdot 」は内積を、「 \times 」は外積を表す。 N_i はトルク、 ω_j は角速度、 $\dot{\omega}_j$ は角加速度、 I_{ij} は回転に対する抵抗力を3次元空間上の回

⁴このように、中枢による推論説で辻褃を合わせる説明では、結局のところ、問題の先送りにしかならない。

転質量を示す 3 行 3 列の対称行列で

$$I = \begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

とあらわす。このとき，非対角成分である慣性乗積は動きによって変化するが，対角成分である主慣性モーメントだけを

$$I = \begin{bmatrix} I_1 & & \\ & I_2 & \\ & & I_3 \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

のように，形状に不変な性質を意味する 3 つの固有値 I_1, I_2, I_3 としてあらわすことができる (Carello & Turvey, 2004)。

対角成分はそれぞれ

$$I_1 = M(Y^2 + Z^2) + MR^2/4 + ML^2/12 \quad (1.4)$$

$$I_2 = M(X^2 + Z^2) + MR^2/4 + ML^2/12 \quad (1.5)$$

$$I_3 = M(X^2 + Y^2) + MR^2/2 \quad (1.6)$$

である。 X, Y, Z はそれぞれの軸における固定点 $Oxyz$ から質量の中心点までの距離であり， M は棒の質量， R は棒の半径， L は棒の長さを示す (Figure 1.1)。

棒を振るという回転運動において，回転の最中に手にかかる負荷量 (N_i) は，振りのスピードなどの諸条件 ($\omega_j, \dot{\omega}_j$) と共に絶えず変化する。一方で，慣性テンソルとは，回転運動に対する対象の抵抗を意味しており，それは振り手 (知覚者) と対象物との変わらない関係性でもある。

彼らは，この慣性テンソルに注目した。そのアイディアは，後の実験結果から支持されることとなった (Carello et al., 1998; Fitzpatrick et al., 1994; Turvey, 1996/2001)。中でも，Fitzpatrick ら (1994) が定式化した

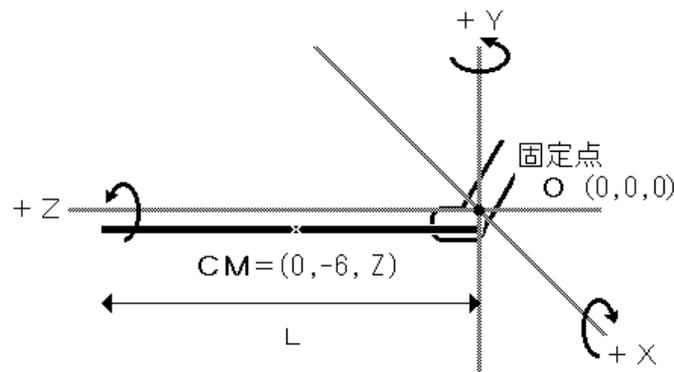


Figure 1.1 棒を持つ手の模式図

モデルは、慣性テンソル成分中の固有値ベクトルである「最大固有値 (I_1)」と「最小固有値 (I_3)」の2つ⁵を用いる重回帰分析モデルで

$$Perceived\ Length = 3.80 \times I_1^{0.41} \times I_3^{-0.30} \quad (1.7)$$

と表わされる (Fitzpatrick et al., 1994)。このモデルは棒の密度や太さを独立変数にしたモデル (Chan, 1995) よりもデータによく適合し、優れたモデルと評価できる。

なお、慣性モーメントが知覚に関連することは、既に Knowles & Sheridan (1966) によって予想されており、そうした意味では、Gibson の理論をふまえ、慣性テンソルを不変項として、ひとつの生態学的な知覚の単位に位置づけたことに、慣性テンソルモデルの積極的な意義があったと考えられる。

1.2.2 「大きさ - 重さ」錯覚の解明

冒頭で触れたように、先行研究はダイナミックタッチの働きによって、様々な情報が知覚可能となることを明らかにしてきた。その中でも、特

⁵棒の形状は左右対称であるため、中間固有値 (I_2) は最大固有値 (I_1) の大きさと同様と考える。そのため、分析には両方は含めず、最大固有値を用いている。

に大きな成果と評価できるものとして、慣性テンソルモデルを援用した「大きさ - 重さの錯覚 (size-weight illusion)」の解明 (Amazeen & Turvey, 1996) が挙げられるだろう。

「大きさ - 重さの錯覚」は、最初に発見した Charpentier(1891) の名にちなんで、シャルパンティエ現象とも呼ばれており、物理的には同一重量の物体が、その体積の大小に応じて、相異なる重さに感じられる現象をさす。目を開いたまま判断する限り、体積の大きい方が小さいものよりも軽く感じられ、また、閉目して触知させる場合も、この効果が同様に生じることがわかっている。

古くは、E. Weber にも指摘されていた (Turvey, 1996/2001) といわれるが、実際に「大きさ - 重さ錯覚」が、心理学者の間で頻繁に吟味されるようになったのは、20世紀中頃以降のことになる。感覚主義の延長では、こうした錯覚を生じさせているのは、あくまでも推論プロセスの問題と説明されるだろう。実際に、多くの研究者はこの錯覚が生じるメカニズムを推論に求めた。

例えば、大きさと重さを感知する感覚がそれぞれ独立に存在し、重さ知覚として統合されるといった情報統合モデル (Stevens & Rubin, 1970) や、持ち上げようとするときの遠心性の信号と、その結果報告される求心性の信号の間を内的に比較し、重さと大きさが統合されるといった、「指令 - 予期」の認知モデル (Davis & Brickett, 1977; Davis & Roberts, 1976) も提案された⁶。

しかしながら、統合モデル説も認知モデル説も、それらを棄却する結果が示されることになる (Cross & Rotkin, 1975; Rule & Curtis, 1977 ;

⁶これは大きな物体ほど重いということが経験として蓄積されることにより、大きな物を持ち上げる際には、それに比して大きな力を発揮する中枢指令が下るというアイデアに基づいている。

Masin & Crestoni, 1988)。Charpentier(1891) や Dressar(1894) による指摘以後，実に百年以上の間，この「大きさ - 重さ錯覚」現象は主観と客観の乖離とされてきた。

Amazeen & Turvey(1996) は，それまでの感覚主義的前提とは全く異なるアプローチを採った。Amazeen らはまず，公表されている「重さ - 大きさ錯覚」の研究データを分析し，その実験で使われている錘の慣性テンソルを計算してみた。すると，形が大きい錘ほど，最小固有値も大きいという特別なパターンがあったという(三嶋，2000)。さらにその結果，感じられる重さが，慣性テンソルの関数として表現できるという。

これは劇的な成果である。「重さ」についての生態学的単位の導入によって，「大きさ - 重さ錯覚」はむしろ「慣性テンソルの正確な知覚」とみなせるからである。言い換えると，我々が感じていた「重さ」は，実は「慣性テンソル」という回転慣性を知覚した結果で，知覚者は自らの探索の動きによって，知覚者と対象との変わらない関係性 (= 不変項) を顕在化させ，直接知覚していたことが強く示唆される。

Turvey(1996/2001) 自身も述べているように，「大きさ - 重さ」錯覚の解明によって，我々が錯覚とみなしてきた現象に，知覚の科学的研究がどのようにアプローチしてきたのかを，改めて自覚させた点においても，この解明は単に有力な説明変数が見つかったという以上の意義を有しているだろう⁷。

1.3 先行研究の問題：慣性テンソル一元論

以上に紹介してきたように，Gibson による生態心理学の理論によって，ダイナミックタッチによる知覚について，古典的な心身二元論・感覚主

⁷Amazeen & Turvey(1996) らの実験では，触知による実験結果のみであり，視覚の影響について今後の課題としている。

義の枠組みを超えて、知覚システムという全体から捉えることの意義が理解できた。

その一方で逆に、慣性テンソルモデルに偏った現象記述の流れも指摘しておかなければならない。以下、静止保持時の長さ知覚とダイナミックタッチの恒常性に関する現在の状況をみてみよう。

1.3.1 静止保持時の長さ知覚との差異化

ダイナミックタッチは能動的な動きを伴う触であり、これに対して、静止保持条件において達成される知覚との違いを解明することは、ひとつの大きな課題である。能動的な動きが知覚の達成に深く関連するなら、動きが制限された状況で対象を知覚しようとした場合とでは、利用可能な情報が質的に違う可能性が考えられるためである。

既にいくつかの研究が、棒の長さの知覚課題を通して、精神物理学的側面からの比較検討を重ねてきた (Burton & Turvey, 1990; Carello, Fitzpatrick, Domaniewicz, Chan, & Turvey, 1992; Carello, Santana, & Burton, 1996; Chan, 1994; Stroop, Turvey, Fitzpatrick, & Carello, 2000)。

その結果、ダイナミックタッチによる知覚は、静止保持条件と比較して、実際の棒の長さを知覚された棒の長さとはよく相関するという結果 (Burton & Turvey, 1990; Chan, 1994; Carello et al., 1996) が、一部を除いて (Stroop et al., 2000) 示され、能動的な動きをともなう場合とそれを制限した場合とでは抽出されるアフォーダンスが異なることが、概ね支持されている。

ところが、問題提起から 15 年が経過した現在も、静止保持時の長さ知覚を十分に説明する精神物理学関数はない (Burton & Turvey, 1990; Carello et al., 1992; Carello et al., 1996; Chan, 1994; Lederman, Ganesan, & Ellis, 1996; Stroop et al., 2000)。

そればかりか，Stroopら(2000)は，静止保持条件とダイナミックタッチ時における知覚は慣性テンソルの検知という点で，差がないことを強調している⁸。しかしそうすると，ダイナミックタッチに動きは特に必要なかったのか，疑問となる。また，ダイナミックタッチによる知覚の報告が，静止保持時に比べて，実際の棒の長さに近くなる結果(Burton & Turvey, 1990 ; Chan, 1994 ; Carello et al., 1996)をどう理解すればよいのか，整合性を欠く説明といわざるをえない。

このトピックについては現在も議論が続いているが，Kingma, Langenberg, & Beek (2004)による最新結果には注目すべき点が多い。この問題についての詳細は，5章の総合考察で詳しく論じることにする。

1.3.2 恒常性現象における両義的側面

ダイナミックタッチにおける知覚の恒常性(Pagano, Fitzpatrick, & Turvey, 1993; Pagano & Cabe, 2003; Turvey, 1996/2001)についても，慣性テンソルに偏った説明がなされており，先と全く同種の問題を指摘できる。

知覚の恒常性というと，一般に大きさや形，色などがよく知られる現象であるが，簡潔に言うと「一定の変化に対して，対象の性質が不変に維持されるように感じられる経験」のことを指している。ダイナミックタッチについても，知覚の恒常性が論じられており，Paganoら(1993)は，振り方にヴァリエーションを与えても(手首・肘・肩のみをそれぞれ動かせる条件と，自由に振ってよい条件)，知覚される長さに違いがみられないということを実験によって確かめた。

これを受けて，Turvey(1996/2001)は「自由に腕全体を使って物を振る

⁸なお，Stroopら(2000)がその根拠としている実験結果(実験1)では，太さの異なる棒が混用されているため，棒の太さの情報を被験者が利用していたことについては否定できない。

ときや、肩や腕のどちらか一方の関節で振るときの知覚が、手首だけで物を振るときの知覚とまったく同じである」とし、ダイナミックタッチによる恒常性の知覚は、慣性テンソルという不変項の知覚として理解されることとなった。Gibson(1979/1985)も「恒常性とは不変項の知覚に他ならない」と述べており、確かにこの点では、データと理論は調和している。

ところが、ここには難点もある。恒常性現象は、知覚者にとって対象の性質が変わらないことと同時に、一定のしかたで立ち表れかたが変わる経験をも指している。慣性テンソルの直接知覚として恒常性を扱うとき、変化する情報は手にかかるトルクという負荷量だけの問題にされ、そこには、ありありとした感触の質的な違いが捨象されてしまう。

例えば、我々は、振り方を変えたときの質的な違いを感じるができる。鉛筆でも傘でも、何でも構わないので、振ってみるとよい。稼動部位を肩もしくは肘、手首のみに限定すると、得られる感触自体が全く違ってくることに気づくだろう。

Turveyらが主張するように、どのような回転の与え方をしても、慣性テンソルを知覚するという点において全く同じ知覚が得られるなら、対象の知覚のしやすさはどう理解されるのだろうか。また、何度もくり返して同じ探索課題を続けると、動きは次第に洗練され、組織化していく(三嶋, 1996, 2000)ことをどう理解すればよいのだろうか。知覚システム論の立場に立つならば、恒常性が得られるようになるまでのプロセスは、無視できる問題ではないはずである。

1.4 精神物理学の方法論的性質と原理的限界

以上ここまで、先行研究の動向を概観してきた。ダイナミックタッチを扱った先行研究は、Gibsonの直接知覚論に基づき、慣性テンソルモデルによってダイナミックタッチによる知覚が説明可能なことを示し(Fitzpatrick et al., 1994)、さらにはCharpentier(1894)以後100年以上の謎であった「大きさ - 重さ錯覚」現象を解き明かした(Amazeen & Turvey, 1996)。先行研究は、知覚研究の伝統であった心身二元論の呪縛を克服し、Gibson(1966, 1979/1985)による知覚システム、不変項の抽出理論を実証的に補強するという意味において、大きな成果をあげたといえよう。

しかし、逆に慣性テンソルモデルによって新たに問題も生じており、既に論じたように、決して楽観視できる状況ではない。特に、このままではダイナミックタッチは慣性テンソルと同一視され、スタティックな人間像が創りだされる危険が高い。少なくとも「ダイナミックタッチ = 慣性テンソル」という図式に待ったをかけねばならない。

こうした結果をもたらしたのは何であろうか。ダイナミックタッチ研究は生態心理学の理論の延長線上にあるが、その方法論は依然として伝統的な精神物理学に依拠するところが大きい。そして、精神物理学の手法が抱える記述の性質に問題がある。

1.4.1 記述結果としてのモデル：2つの危険

その記述形式と生態心理学の理論的背景との相性を考えると、2つの危険に注意する必要がある。

第一の危険は、独立変数としての刺激が従属変数としての知覚を生み出すといった「知覚を一方向性の因果として捉える因果論」、心身二元論を復活させる可能性である。そもそも、Gibsonが精神物理学的アプローチ

を離れて生態学的アプローチに進んだ大きな理由の一つは、こうした因果モデルを否定したことであり、生態心理学における相互依存性の概念は、知覚を一方向性の因果として捉える考えとは対立している (Lombardo, 1987/2000)。

第二の危険は、記述された構造と知覚経験との過度な一元化である。精神物理学においては、方法の持つ性質上、知覚は定量的に凍結された値として扱われることになる。例えば、質的には異なる感触の知覚でさえ、長さという量的な単一次元の測度で測定すれば、同一の知覚という扱いをうける。しかし、いくら量的に同じ値を報告したからといって、知覚対象について、明瞭な感触を得られる場合と、そうでない場合はやはり違う。外側に出た結果(報告されたデータ)から遡及的に知覚を論じると、このような知覚経験の内実は扱われない運命にある。

1.4.2 モデルの遡及的解釈

現在、危惧されるのは前者、因果モデルよりも、唯物一元論へ陥ることといってよい。記述した結果としてモデルを捉えなければ、モデルと現象を過度に同一視することで、次のような問題も生じる。1.7 式における、最小固有値 (I_3) のべき指数の値が負であることに注目してみる⁹。

最大固有値 (I_1) も最小固有値 (I_3) も、どちらも回転運動に対する物理的な抵抗の大きさを意味する成分であり、この偏回帰係数は、最大固有値を一定とした場合に、対象の最小固有値が大きいほど、逆に感じられる長さが減じることを意味する。考えてみれば、これだけでも十分不思議な結果であろう。抵抗が大きいのであれば、長く感じられてもよいのではないか。そのような疑問も生じる。

⁹このべき指数は、基準変数と説明変数をそれぞれ対数処理してから回帰分析し、得られた回帰係数と同じである。

このまま解釈を進めると、次のような説明も不可能でなくなる。最大固有値 (I_1) と最小固有値 (I_3) とが独立に感じられ、すなわち、長さ情報と太さ情報が独立に感じられ、結果的に、太いものは概して短く感じられるというものだ。ただしそうすると、長さ情報を感じ、太さ情報を差し引きし、且つそれらを無意識的に内的な処理として推論し、棒の長さとして知覚するといった、古典的な知覚研究が想定した感覚主義的人間像、及び間接的知覚論さえ背景に浮かび上がる。当然ながら、Gibsonの生態心理学を理論的背景におく慣性テンソルモデルの意図は、そのような推論を無意識に進める人間像を描くことではない。

問題はモデルを現象と同一視し、回帰係数の数値から、現象を遡及的に解釈するために生じている。

例えば今、短いハンマーと細長くて軽いステッキを用意する。目で直接見ることがなくとも、ダイナミックタッチにより、どちらも長さを知ることができる。その印象を比較してみると、手にずっしりくるからといって前者が長く感じられるわけではなく、逆に負荷は少なくとも、後者はそれなりに長いものとして感じられる。つまり、それら2つの物体はもはや全く別の感触を生じさせる2つのモノとして経験される。一方で、それを敢えて長さという単一次元尺度の量的な単位に変換すると、先の関数が与えられるわけである。

1.4.3 外部記述の根本的限界

慣性テンソルモデルが優れたモデルであることには変わりない。だが、それさえも我々人間の知覚現象を数理的に記述したものであって、知覚現象そのものではない。

これは記述に伴う原理的問題であろう。一般性・普遍性を尊重する経験科学においては、測度世界の外部記述は極めて整合性の高い結果の提

示が可能であり、「その姿勢は確かに妥当」(松野, 2001b)なのだが、完了した事態に対する外部観察者からの記述は、行為者がまさにその場で経験する現象からは大きくかけはなれたものになる危険がある。

くり返すと、関数モデルは当然ながら、知覚経験そのものではない。我々の感じている多次元的な感触、豊かで生き生きとした感触の全体が先にあり、慣性テンソルモデルは、あくまでもそうした知覚経験を必要最低限の情報量で記述した結果である。この点を忘れると、知覚経験の内実を飛び越えた数理的記述が独り歩きしてしまい、認識論の基盤を唯物一元論へと逆戻りさせてしまう危険もある。

「慣性テンソルが知覚される長さを規定している」(Turvey, 1996/2001)という見解は、慣性テンソルと達成される知覚とを過度に同一視することにつながり、読み方次第では Gibson の認識とは必ずしも相容れないようにも思われる。Lombardo(1987/2000)が論じるように、Gibson の生態心理学は唯物論的一元論ではない。そこには、あくまでも知覚者の能動性と環境のアフォーダンスとの相互依存性が含意されている。

松野 (2001b) は「一人称、二人称現在進行形に経験科学の基盤を求めることは、その見かけに反して、内実をより豊かにする道をわれわれに暗示する」と論じる。これと同様、ダイナミックタッチによる触知を考える際にも、経験に根ざした問題の探究は軽視されるべきではない。知覚を扱う以上、我々が探索を通して何を経験するかということは、絶えず反省的に見直される必要がある。

これまでのダイナミックタッチ研究は、外部記述に過度に依存し、経験世界の内部記述を避けてきた。それは恐らく、結果を遡及的に語る外部記述的精神物理学のパラダイムが産み出してしまう盲点であろう。

事象を立体的に構造化するためには、特定の方法論に伴って出現する

盲点を認め，その上でそれを克服するような方法を手にしなくてはならない。次章では，これらの問題を踏まえ，本研究の研究計画を論じる。

第2章 研究計画：総合的な現象理解に向けて

研究の計画を具体化させるにあたり、はじめに、人間科学としての本研究のスタンスを明確にしておこう。

2.1 知覚の人間科学

科学においては、興味の対象を分析的に捉える志向性は不可欠であり、そのため、専門的に深化した知見を求め、領域を細分化させることは不可避である(清水, 2003)。

しかしながら、過度な専門深化には自ずと限界がある。人間科学は、そういった専門深化や細分化に邁進してきたこれまでの個別科学の限界と反省から、人間存在を総合的に理解する科学として生まれたものである(柿崎, 1992; 西條, 2002; 菅村・春木, 2001)。その理念は、例えば「ホリスティックなアプローチの志向性」(春木, 2002)といわれるように、人間科学においては総合的に現象を記述し、構造化することが求められている。

本研究もこの態度に習い、人間の知覚をダイナミックに捉えられるような人間科学を試みる。

2.1.1 専門深化を超えて

本研究にとっての最も大きな課題とは何であろうか。状況を大局的に捉えると、現在の課題は大きく分けて2つある。第一の課題は、現行の

専門的知見に取り付いた信憑に待ったをかけ、本質的な問題の在処を突き止めることだ。第二の課題は、取り上げられた問題に対して、最も有効な方法論を探究し、実証研究に用いることだ。これらを順に論じよう。

2.1.2 事象そのものへ

研究がその内に抱える問題を専門的に深め、精緻化していく作業は、科学の営みとして極めて重要である。ダイナミックタッチの先行研究も同様に、物理学における力学の枠組みから、ダイナミックタッチによって知覚されている不変項は何か、その特定に専念し、成果をあげてきた (Carello et al., 1998; Fitzpatrick et al., 1994; Turvey, 1996/2001)。

しかしである。こうした科学的方法は、野家 (2001) が指摘するように、対象化的方法を無理やり、そして無差別的にあらゆる事象に適用しようとするもので、これによって、かえって事象そのものを覆い隠してしまうような機能を持っている。

ダイナミックタッチ研究も例外ではない。現在、慣性テンソルモデルはもはやその適用範囲を過剰に超えて用いられている。棒の長さ知覚も、シャルパンティエ現象も、静止保持による長さ知覚も、ダイナミックタッチの延長で扱える現象が、何もかもが全て「慣性テンソル」でしか説明されていない。結果的に、人間の知覚をスタティックに扱い、閉塞的状况をもたらしていることも否定できない。

ここでは現象学の態度が参考になる。「事象そのものへ」というモットーの意味からすれば、現象学の態度は「探究すべき事象に最も適した方法によって事象に接近しようとする」(野家, 2001)。つまり方法を事象に合わせるのであって、事象を方法に合わせるのではない。

ダイナミックタッチ研究が依拠する Gibson の態度は「現象学的観察に基づいて的確な分析水準を選択し、知覚の因果論的説明を放棄して記述

に徹する」(境・曾我・小松, 2002) ことであり, そうした意味でも, 原点回帰が必要であろう。

2.1.3 方法論の探究

ただし, 現象学の態度がそのまま, 科学の枠組みにおいて客観性のある知見を導けるかどうかは, また別に考えねばならない。Varela, Thompson, & Rosch(1991/2001) が指摘するように, 実践的な次元が欠けたままでは, 科学と経験との亀裂は克服されないといえる。

特に, 本研究は客観性を尊重する人間科学の枠組みに位置しており, 客観化の方法がなければ, 研究の計画は机上の空論となる。したがって, 第2の課題は, 取り上げられた問題に対して, 最も有効な方法論を探究し, 実証研究に用いることだ。

ただし, 事象にあわせた方法論は, どうしても手探りになる。そのため, 個別の研究目的に応じた探究が求められるだろう。

2.2 研究目的と問題の再設定

本研究は, 精神物理学の手法と知見へ偏った現在のダイナミックタッチ研究を, 経験と乖離しない形での全体論的な人間科学へと変え, 問いそのものを根本から変えることを試みる。

ダイナミックタッチ研究における本質的な目的は何であろうか。Gibson (1966, 1979/1985) の理論的前提と照らし合わせると, ダイナミックタッチ研究の目的は, この触の観察から人間の知覚をシステム論的観点からダイナミックに理解することのはずである。

したがって, 人間をはじめとした有機体を対象とする人間科学の知覚研究において, 問われるべきは「ダイナミックタッチにおいて利用されている不変項を特定すること」だけではない。むしろ, それも下位に含

め、「ダイナミックタッチにおいて、不変項情報が利用可能となっていく過程を明らかにすること」が求められている。

言い換えると、ダイナミックな変化の中にこの触を位置づけ、発達的变化のありようを構造化するということになる。

2.2.1 検討と分析の水準

なお、発達といえば通常、神経系や身体の運動生理的な成熟が想定されるかもしれない。確かに、これらの要因は達成される知覚発達を大きく規定していると考えられる。ただし、本研究は検討対象と分析の水準をあくまでも生態学的なレベルでの意味や価値におく立場を採る。このため、神経系や運動系の成熟については、知覚システムを構成する諸部分とし、それ以上は問わない。つまり、生理学レベルではなく、行動レベルで知覚発達を扱うということである。

2.2.2 知覚システム論への原点回帰

現在、ダイナミックタッチに関する発達の扱いは非常に小さい。Kloos & Amazeen (2002) は、ゲーム形式で、3歳から5歳の子どもを対象に、「大きさ - 重さ錯覚」の実験をおこない、結果から、子どもにも慣性テンソルへの感受性があると報告している。

しかし、「いつ頃から(ダイナミックタッチによる慣性テンソルの検知が)可能となるのか」という境界線を示すことは、「どのようにできるようになるのか」といった発達を明らかにするわけではない。その点には注意が必要である。

探索行為のありよう

さらに、知覚システム論に立ち返ると、根本的な問題を指摘できる。まず、そもそもダイナミックタッチは能動的な動きである。そして人間の

探索は、予め与えられた手続きをくり返す機械とは異なり、発達的に変化していく。環境には多くの情報があふれており、さらにそれらは複雑であるが、赤ん坊が最初から複雑な環境に対処できないのと同じように、我々ははじめから多くの情報に対応できるわけではない(佐々木, 1994)。

達成される知覚が探索のしかたと無関係ではないと考えられる以上、ダイナミックタッチによる慣性テンソルの検知は、最初から可能なのではない。慣性テンソルの検知が可能となるチャンスがあるとしても、当然ながら、変化の中で探索のしかたが探し出され、知覚が可能になっていく過程を考える必要がある。

本研究は、ダイナミックタッチによる知覚と探索は発達的に変化するという可能性を最も主要な根本仮説として、4章で子どもと大人の探索行為の観察をおこない、この点の検討をおこなう。

自己組織的な創発

この点に関連する興味深い観察がある。三嶋(1996)は、つるされたヒモを振って、その上端部の位置を知覚するという課題を通して、知覚者の探索運動が、課題の繰り返しによって次第に適した運動へと変わる自己組織的な変化を観察した。すなわち、情報を得るための探索として、適した動きは、対象のアフォーダンス特性との関係性において、自己組織的に創発することが示唆されている。

また、三嶋(2000)は「ヒモに限らず一般的に、私たちは触る対象によって、あるいは知りたいことによってその「触り方」を変えている。たとえば、コンクリートでできた構造物を検査するときその表面を叩いて調べることがあるが、それと同じ力加減でスイカを叩いたりはしない。指で布の手触りを確かめるときも、デニム地のジーンズと絹のスカーフとでは、おのずと触り方が違っているはずだ」とも述べている。

多様性への注目

なお、現時点ではダイナミックタッチについての触探索の動きについての組織化や発達の研究はごく一部であり（三嶋，1996），そうした観点からの検討はほとんどなされていない。

当然ながら，方法論も未開拓である。行為の発達が非線形の現象であるとすれば，平均値を単純線形増加のモデルでは描く従来の手法では，扱いが難しい。そこで，ダイナミックシステムズアプローチ (Thelen & Smith, 1994) の手法を参考とし，探索形態の多様性の現れに注目する。

2.2.3 発達に関する精神物理的基礎づけ

次の課題は，精神物理学の知見で発達を基礎づけることだ。ダイナミックタッチによる探索行為に発達的变化があるなら，その発達的变化は，情報をよりよく知覚可能となっているはずであり，それを示唆するデータも示されると予想できる。

振りの有無と検知可能な不変項

第一に，探索のしかたが変化するに伴って「検知可能な不変項が違ってくる」という可能性が考えられる。それが，精神物理的に実証されるはずである。5章では，静止保持による長さ知覚とダイナミックタッチによる長さ知覚とを比較実験し，検討をおこなう。Stroopら（2000）は，両条件による知覚には差異を認めていないが，それとは異なる結論を導くこととなる。

検知可能な不変項の発達的变化

ダイナミックタッチによる探索が発達的に変化し，不変項の検知可能性が動きに依存するのであれば，この触知覚の発達的变化は「検知可能な不変項の変化」としてモデル化できるだろう。精神物理学の長所は，関

数による構造化がひとたび完了すれば、それを用いて新たなかたちでの観測を開始できることだ¹。6章では、4章と5章の結果を踏まえて、新たなモデルを用いて、異なる年齢群間の知覚と探索を実験的に検討する²。

回帰分析の方法論的改良

これらを扱う上での方法論上の問題は、精神物理学で通常用いられている回帰分析の手法である。というのも、現行の回帰分析では分析に応用が利かず、上述した研究目的を十分に検討できないためである。この問題はそれだけでひとつのトピックとなるため、詳細は3章で論じ、従来の回帰分析に代わる共分散分析 (ANCOVA) を代替案として示す。そして、本研究における知覚量データ分析の基礎に位置づける。

2.2.4 発達の方角性：探索行為の自己評価

さらに別様の問いをたて、発達を考えよう。それは、発達を支え、方向付けているある種の力に関係している。

探索的活動が発達するということは、知覚される情報の質が向上し、パフォーマンスの効率もよりよく改善されることが含まれるだろう。そこには何があるのだろうか。接触対象から得られる情報をより良く知覚するためには「知覚のしやすさ」が何らかの形で評価されているはずである。そうでなければ、特定の行為が選択され、収斂に向かうこともないはずだからである。

「行為の自己評価」が発達の方角付けに及ぼす働きを考えれば、それは「棒の長さ」という通常論じられている知覚と区別されるべきものと

¹精神物理学関数における独立変数の設定次第で、記述可能な知覚現象の側面も変わることを考えてみるとよい。記述の型をあらかじめ決定するという点では、柔軟性に欠けることは否めないが、定量的な測定を目的とした場合には、その記述力は強力である。

²Turvey (1996/2001) も、慣性テンソルモデルの回帰係数(べき指数)が同一個体内で時期を経て変化するのかわという問題に触れているが、発達的变化というよりも、むしろ Stevens (1971) が扱っていた測定における信頼性に関連した問題と考えられる。

なり，もうひとつの種類の知覚と位置づけたほうがよいかもしれない。

もちろん，こうした活動が意識化されているとは限らない。また，アフオーダンスの概念からは，アフオーダンスとの交渉によって行為が形成される側面が強調されるだろう。しかし，知覚者が自らの行為自体を自身で評価する力がなければ，それさえも不可能であることに注意したい。

確かさの感触

発達的な変化にパフォーマンスの質的な向上が伴うならば，そこでは知覚対象をよりよく知覚できる探索と，そうでない探索との差異が感じられているはずである。7章では，それを扱う指標のひとつとして，知覚研究で主に扱われてきた確信度をひとつの指標として取り上げ，変化の構造を明らかにする。

確信度については，自らの報告する知覚についての確信の程度を意味する概念として，古くは Peirce & Jastrow (1884) にまで遡り，知覚の2次的な感覚として，いわゆる知覚の量的側面とは区別されて定義されてきた歴史があり，現在でも検討が続いている。

しかしながら，従来の手法は客観実在と主観の正確な確率との一致率を従属測度としており，スタティックな現象記述しかできていないのが現状である。したがって，方法論もこれまでとは違う新たなものを用意せねばならない。

知覚の明瞭さ

8章では，自らのパフォーマンスに関する上記と同様の問題について，また別の角度から検討をおこなう。ダイナミックタッチの恒常性に関する従来の仮説 (Pagano et al., 1993) と対比させる形で，質的な差異に関する感受性を明らかにする。

こうした試みは，行動の外部記述では外延化困難な質に焦点化するた

め、相応の方法論が必要になる。Gibson (1966) が自らの生態心理学の先駆的存在として挙げた Katz のアプローチは実験現象学 (Experimental phenomenology) として知られるが、その特徴は「見え方の記述に徹していること」、言い換えれば「見え方 (即ち、知覚) の原因 (即ち、生理的機構) を問題にしていないこと」(境・曾我・小松, 2002) と言われている。

知覚を立ち現れとして扱い、その質的な側面を記述するのは Katz による実験現象学が挙げられる。とはいうものの「実験現象学には、電気器具の取り扱いやパック旅行の案内のように、決まった取り決めや手続きがあるわけではない。むしろ、研究のマニュアル化を拒否した態度、当然のこととして受け入れられてきた事実や理論の基礎部分を実験的に見直す態度が実験現象学なのである」(東山・岩切, 2003)。そのため、やはり現象に応じた研究デザインが求められる。

2.3 本研究の構成

本研究の構成を確認しておこう。既に論じたように、本研究はダイナミックタッチによる知覚と探索について、立体的な構造化を試みる。その上で明らかにすべきことは、大きく3つに分けられる。それを Table2.1 に示した。

ただし、これらは根本的に異なる記述の形式を採る。そのため、得られる結果もそれぞれに異なる可能性も考えられる。このときもしも、それらの結果を並列に置くだけならば、春木 (1988) が論じるような束論にすぎないだろう。そのため、諸処の結果は互いに関係づけられる必要がある。すなわち、全体を大局的に捉える中で、それぞれの結果については、同一の現象の異なる側面として認識することが求められる。

Table 2.1 本研究における3つの課題と各章との関係

課題	記述の方法		
ダイナミックタッチによる探索の発達的变化	行動の外部記述	4章	
発達に伴う精神物理的な情報量の増加もしくは改善	精神物理学	5章	6章
発達を方向付けるパフォーマンスの自己評価	実験現象学	7章	8章

2.3.1 トライアングレーション

このように、異なる複数の記述形式を関係づけるマクロレベルでの研究戦略としては、近年の質的研究の隆盛と共に論じられているトライアングレーション (Denzin, 1989) の概念を援用できる。

トライアングレーションとは、「ひとつの現象にたいしてさまざまな方法、研究者、調査群、空間的・時間的セッティングあるいは異なった理論的立場を組み合わせること」(Flick, 1995/2002) を意味し、それによって対象の立体的な構造化を試みるもので、研究上の戦略のひとつとして考案されたものである (Flick, 1995/2002; 西條, 2003)。

Denzin(1989) によれば、トライアングレーションは大きく次の4つに分類される。順に(1)異なるデータソースを用いる、(2)異なる調査者を参加させる、(3)異なる理論的立場を考慮する、そして(4)異なる方法を用いるトライアングレーションである。

本研究の場合は、Denzin(1989) が4番目のタイプとして挙げている「方法のトライアングレーション」の中の「方法間のトライアングレー

ション」を実行することになる³。

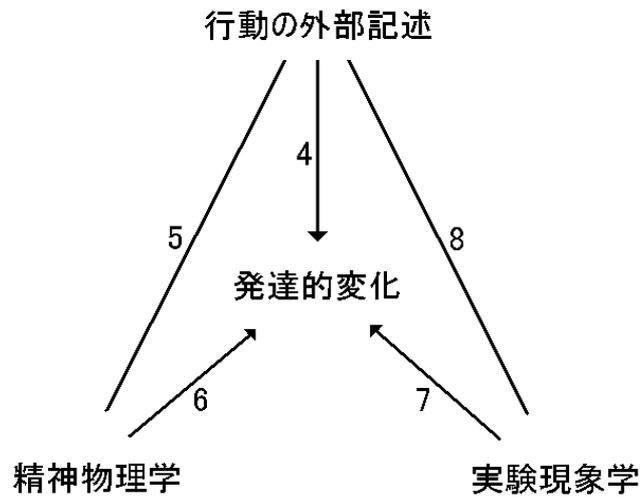


Figure 2.1 本研究の方法間トライアングレーション
注：3つの方法論はそれぞれ異なる記述の形式を採る。図の数字は本研究の各章の数字にそれぞれ対応している。ただし、便宜上簡略化もしており、8章では精神物理的な測定も検討に含まれている。

2.3.2 記述の特長を活かす機能

これらの方法論には、記述形式に付随する制約もある。

システム論に基づいた行動の外部記述は、発達を動的に捉える可能性を大きく秘めているが、一方で、行動主義と同じく、知覚という現象からは遠ざかる危険がある。精神物理学は法則性の数量的表現には長けているが、やはり、測度に落とせない質的経験を大きく捨象してしまう危険がある。実験現象学については、生きた経験へ立ち返ることを可能にしてくれるが、一方で事象の客観化は容易でないという難点を抱えている。

³知覚研究に関しては、仏教思想から認知科学論を展開した Varela, Thompson, & Rosh (1991/2001) のエナクティブ・アプローチが、トライアングレーションに比較的近い。彼らの主張は基本的に Gibson の考えと共通する点も多いが、中でも「経験と科学的な理解とは、そろわなければ歩けない二本足のようなもの」(Varela, et. al., 1991/2001) とし、現象学的記述と科学的記述による相互特定化を強く打ち出している。また、現象の構造化にとどまらず、構造の存在的転化(システム化)を視野に入れている点では、壮大な構想である。

しかし、トライアングレーションの計画は、これら各記述形式の短所を補うことを可能とし、長所を活かすことが期待される。

2.3.3 目的と実験課題

最後に、本研究の目的を改めて確認する。本研究の目的は、ダイナミックタッチと呼ばれる触の観察を通して、人間の知覚発達についての法則性を動的に構造化することである。

実験課題については、基礎的な検討が比較的多く、知見を活かしやすい点もあることから、先行研究に習い、ダイナミックタッチによる棒の長さ知覚課題を設定し、実験と観察をおこなう。

次章(3章)では、本研究全体を通して分析方法の基礎となる精神物理学の回帰分析の問題点に焦点をあて、理論的改良を試みる。

第3章 精神物理学における回帰分析の改良：共分散分析の導入

精神物理学は人間の知覚を関数としてモデル化し、法則性を導くことに主題をおいている。そして現在、精神物理学の手法に依拠した多くの研究は、得られたデータを回帰分析してパラメータを導出することが多いといえるだろう。

本章では、平均値を標本とした従来の回帰分析に基づいた精神物理学関数のモデル化に伴う数理的問題を取り上げる。そして、共分散分析（ANCOVA）が有効な分析となることを論じ、方法論の理論的改良を試みる。なお、これを以後の本研究全体における分析の基本形として位置づける。

3.1 平均値標本の問題点

従来の回帰分析の手法が抱える問題点を浮き彫りにするため、必要最低限のシンプルな仮想実験を想定しよう。今、単回帰分析から精神物理学関数をモデル化する単一の実験において、複数の被験者が実験に参加し、いずれの被験者に対しても、等しい刺激材料が提示されるとする。これはひとつのオーソドックスな手続きといえる。

予測変数は非確率変数（定数）としての物理量 x とし、個別の被験者 i が報告した知覚量を（確率）基準変数 y_i とおける。従来の回帰分析は、実

験から得られた複数の標本（つまり被験者の知覚報告のデータ）について、平均値を算出し、以下の回帰分析を実行する。

$$\bar{y} = \mu + ax + e \quad (3.1)$$

式中の \bar{y} は従属変数であり、複数の被験者から得られたデータの平均を意味する。 μ は切片値、 a は回帰係数で、 e は誤差である。諸研究でのモデルはパラメータの数値とともに提示され、後続する研究は、それらの値を参照することになる。

3.1.1 算出された値の性質

確かに、このように先に平均値を算出してから回帰分析することはできる。情報の縮約としても悪くない。ところが、ここに問題がある。それは、モデル化に際して参照すべき値に関連している。

本来求めるべきは、平均値を分析して得られた回帰係数や切片値ではなく、個々人ごとに算出された回帰係数および切片値の代表値（平均値）である。平均値標本データ（ \bar{y} ）から得られるパラメータは、あくまでも、後者の近似値として求められている。

これは別の表現を借りるなら、社会学調査の領域で論じられてきた抽出単位 (sample unit) の問題である。平均値の相関係数と平均的な相関係数が違うのと同様に、我々が分析対象とするべきは、平均化されたデータではなく、個々人における個々の知覚報告であろう。この点を看過した分析は、ひとつのエコロジカルファラシー (Robinson, 1950) を犯しているといつてよい。

3.2 代替案

それでは、一体どういった方法が考えられるだろうか。

3.2.1 個別の回帰分析

被験者個別に回帰分析を実行し、回帰係数と切片値とを個別に計算し、平均的なパラメータを得ればよいのだろうか。確かにそれは、データを丁寧に扱うという点で悪くない。

しかしながら、パラメータを個別に算出するやり方では、いくつかの点で、被験者数の増加に対応できなくなってしまう。第一に、分析のくり返しが煩雑になる。10人程度の被験者データなら可能であるとしても、仮にもしも50人、100人と被験者が居る場合には、現実的に無理が大きい。第二に、分析回数増加に伴って累積誤差が増えてしまう。最後に、結果提示の問題にも直面する。一括して全被験者の情報を扱えないため、情報を縮約して提示できないのである。必要ならまだしも、100人全員のデータを全て提示するのは情報の縮約という点からすれば大問題であろう。

3.2.2 共分散分析

結論に移ろう。求められているのは、被験者個別にパラメータを算出し、それらを一括して管理できる方法である。そこで、一般線形モデルの枠組みで使用される ANCOVA を次のように用いることが可能である。

$$y_i = b + \mu_i + (a + \alpha_i)x + e_i \quad (3.2)$$

ここで、 α_i 、 μ_i はそれぞれ被験者 i の回帰係数と切片値である。そして、この式中で表される a (平均的な回帰係数) と b (平均的な切片値) を求めればよい。

つまり、個体 i をひとつの層とみなし、層別化してパラメータを推定することに等しい。これによって、独立変数 x と従属変数 y の間の個々のパラメータを被験者別に管理することが可能となる。

なお，この共分散分析モデルは通常分散分析の前提と同様に，異なる水準間での誤差分散が等しいという制約があるため，個別に回帰分析を実施した場合とは推定値が若干異なってくる。

共分散分析のこうした援用に前例がないのは何故だろうか。理由のひとつとして，共分散分析が分散分析の延長に位置づけられていることが挙げられるだろう。典型的には，回帰効果を差し引いた切片値の水準間比較がある。しかしながら，それは先入観である。共分散分析はひとつの回帰分析の拡張形として記述可能である。被験者要因を变量として，被験者別の回帰係数や切片値を算出し，平均的な回帰係数と切片値を求めることができる。

また，共分散分析における共变量は，必ずしも，变量（確率変数）でなくとも構わない。すなわち，定数（非確率変数）でもよい。実験において使用される独立変数は，予め用意されたなんらかの物理量であるため，定数であることがほとんどということである。さらに，被験者要因についても，もしも個別の被験者に焦点化する研究目的であれば，被験者は母数要因とすることも可能である。

3.3 共分散分析の特長

さて，共分散分析の援用によってもたらされるアドバンテージ，残された問題点について順に論じよう。

3.3.1 理論的に頑健な推定値

第一に，回帰係数・切片値の平均値が計算できる（くり返すが，平均値から得られる回帰係数とは異なる）。そのため，抽出単位に過誤がなく，理論的には頑健といえる。さらに一括して計算を実行するため，被験者個別の回帰分析実行とも異なり，情報縮約の点でも優れている。

3.3.2 推定値の個人差を定量化

第二に，関数におけるパラメータの個人差を定量化できる。つまり，人間の知覚について，事前に一様性を仮定するのではなく，多様な個人差を前提できる。こうした前提は，未知の領域を開拓するとき，パラメータそのものの分散を探索的に分析したい場合には特に有効になるだろう。被験者個別の回帰係数（傾き），切片値を变量とみなせば，それらを分散成分とすることも可能である。

故に，検討対象となる精神物理学関数を用いて，パラメータの個人差の大小を評価できる。これによって，個人差の大きなケースについて，それらを捨象して結果提示する危険性は抑えることが期待できるだろう。

3.3.3 容易な条件間比較

第三に，分散分析の拡張であるため，自由にモデル可能なことが挙げられる。その結果，複数の条件間での数値の比較が容易で，応用が利くことになる。

例えば，実験群と統制群があって，それらの間でのパラメータの差異を検討したい場合があるとしよう。従来式の平均値分析では，利用できる標本数は刺激の数と等しい。しかしそうすると，どれだけ多くの被験者を集めても，利用できる標本数は刺激の数だけになってしまう。そのため，実験の計画自体を工夫しない限り，大きな検定力は期待できない。

これに対して，個々人の複数回の知覚報告を標本とした共分散分析を基本とすれば，例えば

$$y_{ij} = b + b_j + \mu_{i(j)} + (a + a_j + \alpha_{i(j)})x + e_{ij} \quad (3.3)$$

のように群 j を用意することで（被験者 i は群要因 j にネストしている），個々人の回帰係数や切片値自体がひとつの標本となるため，それらの代

表値として群平均が存在することになり，群間での比較をより簡単に実行できることを意味する。

3.3.4 残された問題点

さて，共分散分析の実行に全く問題点が残らないわけではないことにも注意が必要である。

第一に，変量効果を扱うため，推定値の計算時にモデルが非収束になるケースが考えられる。この場合はモデルがデータと適合していないという可能性が高いため，対処としてはモデルを改変する必要がある。

第二に，被験者層別化の共分散分析は平均値データ (\bar{y}) ではなく，生データ (y_i) を扱うため，モデルの適合度（全体の分散説明率）が低い場合に，それがモデルの現象適合性の悪さによって生じているのか，それとも，生データで残差分散が大きいための結果であるのか，一目して見分けがつかないということだ（Table 3.1）¹。

Table 3.1 モデルの現象適合性と分散説明率の関係

現象適合性	残 差	説明率
良 好	小さい	高 い
良 好	大きい	低 い
悪 い	小さい	低 い
悪 い	大きい	低 い

これは結果の解釈に関連する。もしも，モデルの説明率が低い場合には，二つの可能性を想定して結果を考察すればよいだろう。第一にモデルそのものの悪さを疑う。このとき，モデルが十分に現象に適合してい

¹逆に，残差が小さいときにはモデルがデータと高度に適合し，報告の残差も全体の分散割合に対して小さいとみなせる。平均値を使うと，仮に揺らぎが大きい場合であっても，それらの分散は捨象されるが，共分散分析モデルを使えば，残差を適切に評価することができる。

ると判断されるような場合については、残差の大きさについて、個々の報告には揺らぎが多く含まれると考えてよいのではないだろうか。いずれにせよ、モデルからの解釈が重要であることには変わらない。

第4章 棒の長さ知覚課題における探索行為の発達的研究

4.1 問題

能動的な動きを伴うダイナミックタッチについて、その発達的变化を捉えることができれば、我々人間の知覚が探索とともにどのように発達するかについての大きな示唆が得られるだろう。

ところが現在のところ、この触についての発達の検討は、意外にも全くみあたらない。しかし、触探索としてのダイナミックタッチを、所与の能力とはみなすことはできないだろう。どのような過程を経て先述した触知が可能になるのか、子どもから大人への発達的な変化を検討対象としなければ、単に大人についての知覚だけを限定的に扱った議論にすぎないのである。

はじめから大人である人間はひとりとしていないのであるから、探索の発達を議論するにあたり、大人の知覚を中心とした世界観からは脱却しなければならない。もしも仮に大人本位の視点によって、課題に対する正解や理想的探索の形態が既知のものとして先に決定され、発達の過程がそこへ到達する前段階とみなされると、子どもの探索のしかたが大人と違っていた場合には、それが単なる未発達段階として扱われる危険を回避しえないからである。したがって、絶対視できるなんらかの単一の尺度を先に設定することで、探索の発達を量的に測定するだけでは、少なからず問題がある。子どもから連続的に発達し続けている人間を大人

とするならば，子どもと大人を先に分離するのではなく，ひとつの動的変化の総体として発達を記述することが求められる。

4.1.1 形態の多様性と発達

知覚達成のための探索形態の発達過程を捉えるためには，こういった視点が考えられるのであろうか。佐々木（2000）によれば，行為の発達について特定の一つの行為形態から異なるつぎの行為形態への推移として記述するのではなく，その多様なあられの変化に注目できるという（Goldfield, 1995; Greer & Lockman, 1998; Thelen & Smith, 1994）。

それらの研究が観察対象としたのは，歩行の発達や書字の運動スキルの発達であったが，彼らによれば，発達過程にある個体のふるまいに多様性が観察されるのは，動きの機能性が安定するモードへ落ちつくまで，異なる動きのパターンを探し続けるためであるという。つまり，複数の行動パターンがあらわれることは，発達過程を表している可能性があるため，それを変化として捉えることができれば，発達に関連させた解釈が可能になると考えられる。このとき，多様性の表出は与えられた課題の要求や身体的な制約と無関係ではなく，個体内においても個体間においても観察されるという。

Thelen & Smith（1994）らによるアプローチは，発達の方向性そのものを複数想定することが可能であり，多様な方向へと分化していく発達の可能性を想定できる。この点において，集団を代表する平均的变化を発達過程として表現する旧来の方法論とは多様性の捉えかたが根本的に異なる。これまでのように，集団間の平均値の量的差異を比較することが目的であれば，個々の多様性は誤差とみなされる。さらに，正解と仮定される行動の生起量が全体的に少なければ，それだけで未発達として記述される恐れもある。したがって，探索の動きについても，従来のよ

うに特定のスキルの正確性やそれによって達成された知覚の正確性などについての量的差異だけを検討対象とすることにとどまらず、多様な探索がどのように観察され、変化するか注目する必要があるだろう。進む方向がはじめから計画されていないから探索であって、同じ目的をもつ探索にしても、向かう道筋自体が多様なことは、十分に考えられる。

以上の議論を踏まえ、本研究は探索形態の多様性について、その変化を捉えることにより、ダイナミックタッチの発達を検討する。

4.1.2 中枢制御説の超克：動きの創発

振るという動きは従来の伝統的な枠組みにおいては、中枢による制御として語られてきた。しかし、詳細な運動計画があらかじめ先に決められているわけではないようである。

三嶋（1996）が観察したことは、見えないところにつりさげられたひも下端部を持って自由に動かして探索することで、その上端部の位置を触覚的に知覚する課題場面での探索運動であり、その動きが課題の繰り返しにより、どのように変化するのか、また知覚する対象（重いひもと軽いひも）により、どのように異なるかということであった。三嶋による観察からは、探索運動の種類が多様であること、それは何度もくりかえすうちに好ましい動きのセットへと収斂していくこと、その道筋もまた多様なこと、さらに知覚する対象との関係によっても好ましい動きは柔軟に変化することが示され、探索がダイナミックに変化していく様相はひとつの自己組織化のプロセスとして解釈された。

中枢が動きを制御していると考える限り、行為者と環境との関係性に形成されるこうした創発現象は説明されない。知覚システムは、環境と接触し続けてふるまいを洗練させていく発達システムなのである。Thelen & Smith（1994）が述べているように、システムの行為そのものを通し

て行為が発達するのであれば、発達の時間はリアルタイムと連続した時間として捉えられ、リアルタイムの経験と発達的变化はそれぞれが独立に扱われるのではなく、同一のシステムを想定した上での説明が可能であろう。こうした発達の捉え方は、現時点での発達研究において一般的ではないと思われるが、情報を特定できるようになるためには、その動作を不断に豊かにしていく過程（佐々木，1994）が必要であり、振るといふ巧みな接触のしかたも、ロボットのようにあらかじめ決定されたプログラムに従うものでもなく、環境と接触し続ける過程において発見されていくものである。

三嶋（1996）による観察は、いわゆる知覚学習と呼ばれるプロセスを動的に捉えたものと考えられるが、本研究が問題とする発達的变化と別の性質の変化ではない。したがって、ダイナミックタッチの発達は、多様な探索形態が組織化し、さらに収斂に向かう過程として捉えられるのではないだろうか。

4.1.3 振り方と持ち方への注目

近年のダイナミックタッチに関する研究は、知覚に対応する物理的基礎を明らかにしてきた一方で、発達の観点からの検討がない。本研究では Manoel & Connolly（1998）にならい、手による探索が保持する対象物の操作と特に関連すると考え、その発達時期である児童期の子どもを対象とし、さらに先行研究で現在検討が進んでいる大人を対象に、ダイナミックタッチの発達的变化に特に重点をおいて、記述を試みる。

そして、分析の対象とするダイナミックタッチの探索形態として、特に棒の振りかたと持ちかたに注目し、観察をおこなう。振りかたについての検討は、特に振りの方向に注目する。というのも、ダイナミックタッチの慣性テンソルのモデルは、棒の長さや重さに比例して増加する最大

固有値成分と、棒の太さと重さに比例して増加する最小固有値成分という3次元空間上に独立する2つの不変項が知覚の達成に密接に関連することを表現しており（Turvey, 1996/2001）、このとき、棒の長さを知覚するための振るという行為は、どちらの不変項も情報として抽出可能にするという意味において、一方向的な（2次元平面的な）振幅の動きだけでなく、少なくとも3次元空間上でのより複合的な運動が必要になると予想される。

持ちかたに注目するのは、当然ながら、ものを振る行為がそれを持つことと不可分なためである。対象の把握形態はその操作と深く関連する（Haggard, 1998）ともいわれている。本来、手という器官は担う役割が多様であり、その活動は到達（reaching）や把握（grasping）に関連したつかむ動き、対象の操作、そして知覚を達成する際の探索に分類でき、さらにこれらの役割の複合した行為がある（Manoel & Connolly, 1998）。振るという行為は必然的につかむ行為の延長にあり、さらに操作的側面を持っており、その意味では、まさに複合的行為として捉えられる。

以上の議論と関連させて、本研究は、振りかたや持ちかたが知覚対象と行為者の関係性によって柔軟に変化するかどうかと併せて、それらの探索形態が達成される知覚に関係するか検討する。なお、棒の振りかたに関連するが、課題において自由に探索させた場合には、棒を振らずに止めて持つケース¹も予想される。そのような静止保持の場合、はたして達成される知覚には違いが生じるのであろうか。

本研究は、ダイナミックタッチによる棒の長さ知覚課題を設定し、振りかたと持ちかたについて注目し、主にそれらが発達的变化としてどのように観察されるのか、さらに探索形態は知覚にどのような影響を与え

¹ 静止して保持する場合にも筋や腱は働いていると考えられるが、この場合は能動的な動きが伴わないため、ダイナミックタッチとはみなさないこととする。

るのか，といった観点から以下の実験をおこなう。

4.2 予備実験

埼玉県内の保育園において，保育園児 19 名（男児 10 名，女児 9 名；3 歳児 3 名，4 歳児 6 名，5 歳児 7 名，6 歳児 3 名，42～76ヶ月齢まで）を対象とし，以下に記述される手続きとほぼ同様の実験を実施したが（清水，1999），教示による制約が守られないことも多かった点において，本実験による検討は困難であると判断し，就学後の小学生児童を対象とすることで，以下の実験をおこなった。

4.3 方法

被験者

埼玉県在住の小学生児童 21 名（男児 12 名，女児 9 名，平均年齢 8.5 ± 1.3 歳，6 歳 4 月から 10 歳 11 ヶ月まで；平均身長 128.0 ± 9.6 cm）を子ども群とし，大学生 14 名（男性 8 名，女性 6 名，平均年齢 21.3 ± 2.1 歳，19 歳から 26 歳まで；平均身長 166.9 ± 9.6 cm）を大人群とした。小学生の保護者にはあらかじめ書面で協力を依頼し，承諾を得た。

実験場所

大学生全員と小学生の 21 名中 19 名については大学内の実験室において，2 名は実験者が家庭を訪問して，それぞれ実験を行った。

材 料

直径 1.2 cm，長さ 24 cm から 54 cm までの 6 cm 間隔で 6 本（24, 30, 36, 42, 48, 54 cm）の木製（ラミン材：実験で使用した棒の重さを測定し，比重を計算したところ全体で約 0.66 であった。弾性は他の木材と比べて高く，ヤング率は 145Kg/cm^2 である）の棒を提示用の刺激とした。また，子ど

もが容易に長さを報告できるように、長さ 12 cm から 66 cm までの 6 cm 間隔で 10 本の棒を報告用に比較刺激として用意した（6 本の提示刺激に 12, 18, 60, 66 cm の棒を加え、短い順からサイズ 1 から 10 とした。なお提示用の棒はサイズ 3 ~ 8 となる）。また、大人を対象にした実験では子どもとの身体スケールの違いを考慮して、長さは子どもに対して用いたものの $\frac{5}{3}$ 倍（長さ 20 cm から 110 cm までの 10 cm 間隔で 10 本の棒）、直径 1.5 cm の棒を使用した。また、行動の録画用に 8 ミリビデオカメラを使用し、被験者が棒の長さを直接見ることがないように、アイマスクを用意した。

手続き

実験者ははじめに、手に持った棒の長さについてアイマスクをした状態で推定する課題であることを被験者に告げ、被験者に実際に棒を持たせてそれに近いものを目の前の棒の中から選択させ、以下に示される課題内容に関する簡単な教示を与えた。

大人を対象にしたときは以下のように説明をおこなった。実験者は「今から課題内容の説明を行います。課題では、目隠しをした状態で手に持った棒について、その長さの見当をつけて頂きます。検討が完了したら、合図して下さい。棒と目隠しを取りますので、テーブルの前の 10 本の中からどれかひとつを選んで指差して下さい。ただし、実験の制約として、棒の持つ位置を変えないこと、棒が床やテーブルに触れないように気をつけてください。何か質問はありませんか。それでは実験をはじめます。」と指示し、実験へと移った。

子どもを対象にしたときは、課題内容の理解を助けるために以下の例に示されるような練習試行を 1 回設けて説明をおこなった。実験者は「今から　　ちゃんに、やってもらうこと説明するから、この棒を持ってみて

ね。」と被験児に課題で使用する棒を1本選んで持たせ、その状態でアイマスクを取りつけ、しばらくしてから手から棒を取り去る。続いて「さっき持ってた棒はどれだった?(テーブルの前の10本の棒を指して)この中から指差して当ててみて。」と指示し、被験児が目の前の棒の中から、それまで自分が持っていた棒に近いものを選ぶことができることを確認した後、「大丈夫かな?じゃあ次からは棒の先をたどっていったり、棒が床とかテーブルに当たったりしないように気をつけてやってみてね。」と、それらの動きを実験者が被験児と共に実演してみせることで課題の禁止事項についての説明をおこない、「持ってる棒がどれかわかったら(実験者に)声を出して教えてね。」と指示し、実験へと移った。

このとき、棒先を触らないことを条件に下端部分の接触に限り、棒を両手で保持することは認めた。被験者は10種類の長さの異なる棒が順に並べて置かれたテーブルの前で目隠しをし、その後6種類の長さの棒を無作為化した順序で手渡された。被験者は棒の下端部を持つように教示され、探索の時間が与えられた。被験者が実験者に棒の長さについて見当がついたことを告げると、実験者は被験者の手から持っている棒を、その先端に触れないように下端部から取り去り、隠した。次に、目隠しを取り外し、目前に置かれた10本の棒の中から長さが最も近いと感じられた棒を選ぶように被験者にもとめた(以下、報告された長さとした)。6本全ての報告を1セッションとしてブロック化し、3セッション計18回の提示をおこなった。探索のための時間には制限を設けなかった。また、結果のフィードバックは実験が終了するまで与えなかった。実験の様子は、8ミリビデオカメラによって被験者の正面から撮影した。

エラーのあった試行

本研究の手続きでは、課題の内容そのものについての理解は比較的スムーズであったものの、子どもが被験者の場合は、特に第1試行において教示で禁止された「棒先を手でたどる」ことや「把握位置の移動」について、守られないことも少なくなかった。この場合は試行を再度やり直したが、多くとも数回程度であった。しかし、これとは別に分析中に新たにエラーが発見された場合もあり、その試行のデータは分析から除外した（630試行（35人×18試行）中の10試行）。

4.3.1 分析項目

把握形態

Connolly & Elliot (1987) を参考にし、棒の把握形態を観察し、分類した (Figure 4.1)。図は左から順に (a) つまむ (b) 親指の腹をつける (c) 握りこむ (d) はさむ手を示す。それ以外に (e) 両手保持と、これらのいずれにも含まれない把握形態は (f) その他としてカテゴリ化した。これらの全てのカテゴリについて、試行毎にそれぞれの生起の有無を記録し、全18試行中何試行観察されたかを数えて割合として計算し、各カテゴリの出現率として被験者ごとに算出した。さらに1試行あたりに観察されたカテゴリの総数を、1試行あたりの把握形態の変化数とした（例えば試行内において「a, b, a, c」という変化が観察された場合には、合計して「3」と数えて記録した）。なお、両手での保持があった場合は観察できる握り方は両手について全て記録した。

振りの有無

振る動きは実験試行内に一往復以上の棒の振幅が観察された場合として定義し、生起の有無を試行毎に記録した。ただし、棒の把握形態の変更に付随する棒の揺れ、ゆっくりとした揺らぎは、振りには含めなかった。

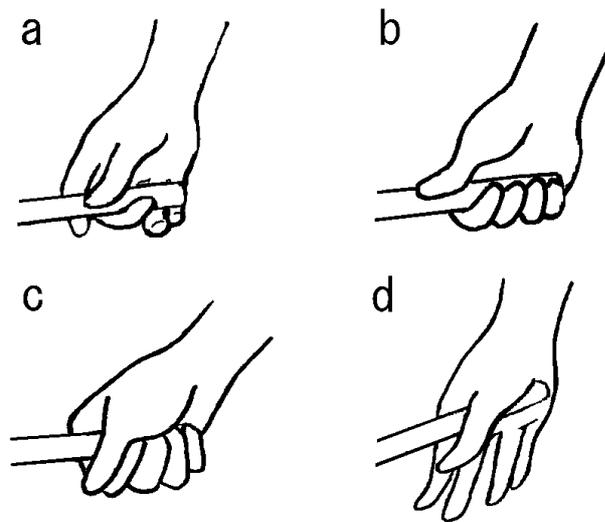


Figure 4.1 主な把握形態

順に，棒を (a) つまむ (b) 親指の腹をつける (c) 握りこむ (d) はさむ手を，それぞれ図示した。

振りの方向

振りの方向に関しては，棒を持つ手に対する向きにより (x) 縦方向の振り (y) 内外方向の振りと (z) 回転の動きに分けてカテゴリ化した (Figure 4.2)。ただし，これらに含まれない，もしくは判別が困難な振りの動きは (w) その他とした。また，把握形態についての分析と同様，試行毎に各カテゴリの有無を記録し，全 18 試行中何試行観察されたかを数えて割合として計算し，各カテゴリの出現率として被験者ごとに算出した。さらに，1 試行あたりの総数を振りの方向の変化数とみなして記録をおこなった。ただし，振りが無かった場合は振りの方向変化数を 0 とカウントした。

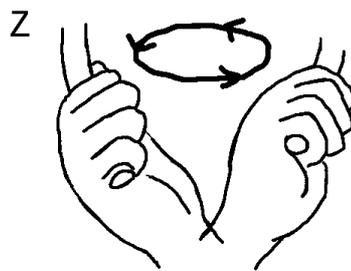
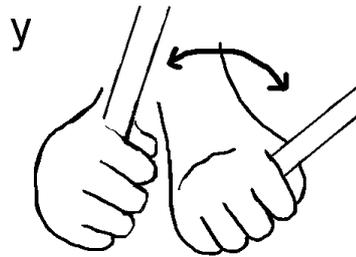
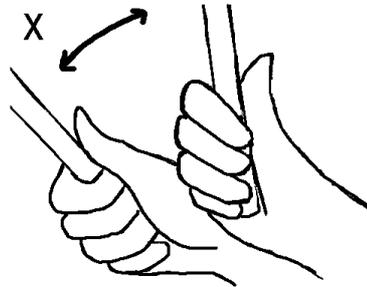


Figure 4.2 振りの方向
順に，手首に対して (x) 縦方向 (y) 内外方向 (z) 回転の振りを図示した。

共分散分析

本研究は、1 試行あたりの把握形態の変化数、同じく 1 試行あたりにおける振りの方向の変化数、及び報告された棒の長さに関する分析は、乱塊法による単変量の共分散分析 (ANCOVA) によって検討した。いずれの分析も、検討要因は年齢群 (子ども群と大人群) を被験者間要因とし、反復 (3 ブロック) を被験者内要因とし、さらに被験者は変量要因として年齢群にネストさせ、棒の長さを共変量 (定数) とし、これらの 2 要因間の交互作用までの項によってモデルを構成した。ただし、被験者を含む交互作用項はいずれも変量であり、枝分かれ配置のために被験者要因と年齢群要因には交互作用はない。この手続きは、棒の長さを連続量の独立変数とした回帰分析を被験者別に実行し、それらを一括しておこなうことと等しく、被験者個々に確率変数としての傾きと切片値が推定されるため、それらの年齢群による差異及び反復効果の検討が可能となった。なお値は制限最尤法により推定した。以下、有意差検定は全て 5% 水準によって行った。

4.4 結果

本実験は棒の長さ知覚課題において、棒の長さと反復を被験者内要因とし、さらに発達的变化としての年齢群による検討を計画した。各年齢群の被験者の探索については観察から分析をおこなった。以下、観察された棒の把握形態と振りの方向からこれらを順に検討する。

把握形態

はじめに、実験における各要因の影響を検討するため、各把握形態の出現率を年齢群別に図示した (Figure 4.3)。

両年齢群ともに多様な把握形態が観察されたが、握りこむ持ちかたと

親指の腹をつける持ちかたが共に多い。1 試行あたりに観察された把握形態の変化数を従属変数とし、棒の長さ（共変量）と年齢群及び反復の効果を要因として共分散分析をおこなったところ、把握形態の変化は、反復を重ねるほど少なくなり（ $F(2, 66) = 7.29, p < 0.01$ ）、棒の長さが長くなるほど少なくなる傾向が示された（推定値は1サイズあたり -0.031 、 $F(1, 33) = 3.54, p < 0.10$ ）。なお、子どもよりも大人において棒の長さによる効果大きい（1サイズあたりの効果は子どもで -0.006 、大人では -0.056 ）ものの、両年齢群間の効果の違いについては交互作用が有意ではなかった（ $F(1, 33) = 1.54, n.s.$ ）。また、被験者の主効果（個人差）が特に顕著であったが（ $F(33, 33) = 7.63, p < 0.001$ ）、その他の主効果や交互作用は有意でなかった。

ただし、これらの平均出現率からは両年齢群共に個体毎の持ちかたの選択については不明である。そこで、生起率の高かった2つの主要な把握形態である握りこむ持ちかたと親指の腹をつける持ちかたについて、被験者毎に全18試行に占める割合を算出し、個々の出現率を散布図にして示した（Figure 4.4）。なお、観察対象となった全620試行の内612試行（98.7%）において、どちらか一方が少なくとも観察されることが確認された。

結果から、子どもにおいては個体内で把握形態が固定されていないことが読みとれる。対照的に大人は、個体毎に基本となる持ちかたが固定されている傾向が強い。

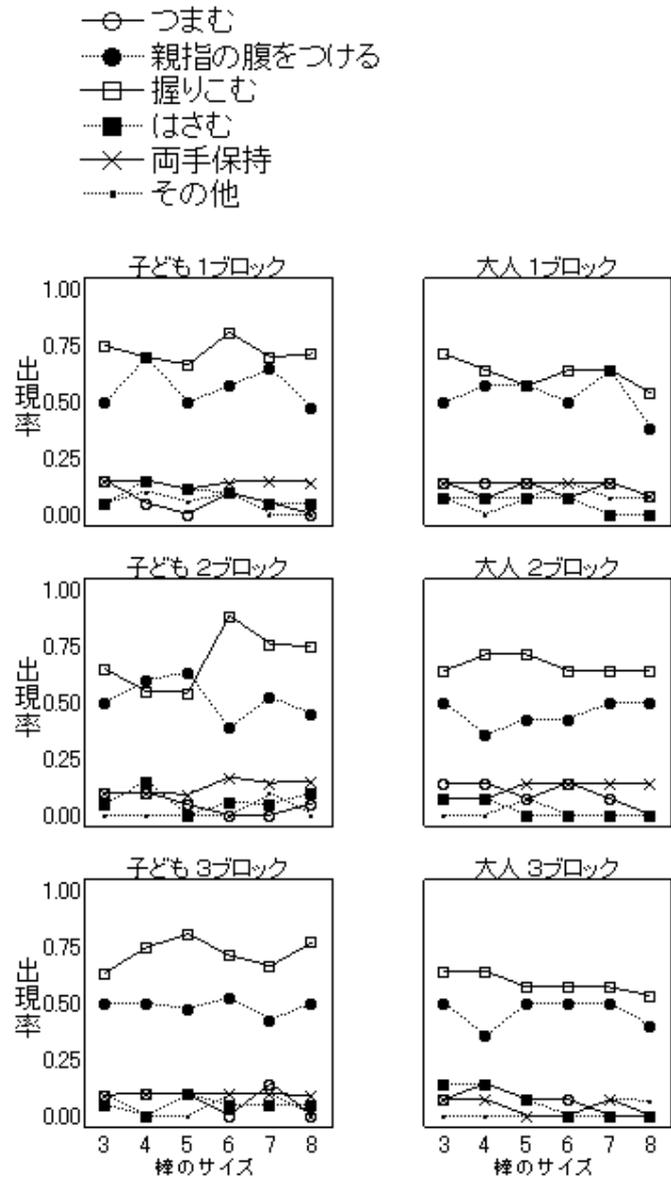


Figure 4.3 年齢群別に示した各把握形態の出現率と反復および棒の長さによる影響

左側は子ども，右側が大人である。また上から順に1から3ブロックを示し，それぞれ棒の長さ別に示した。

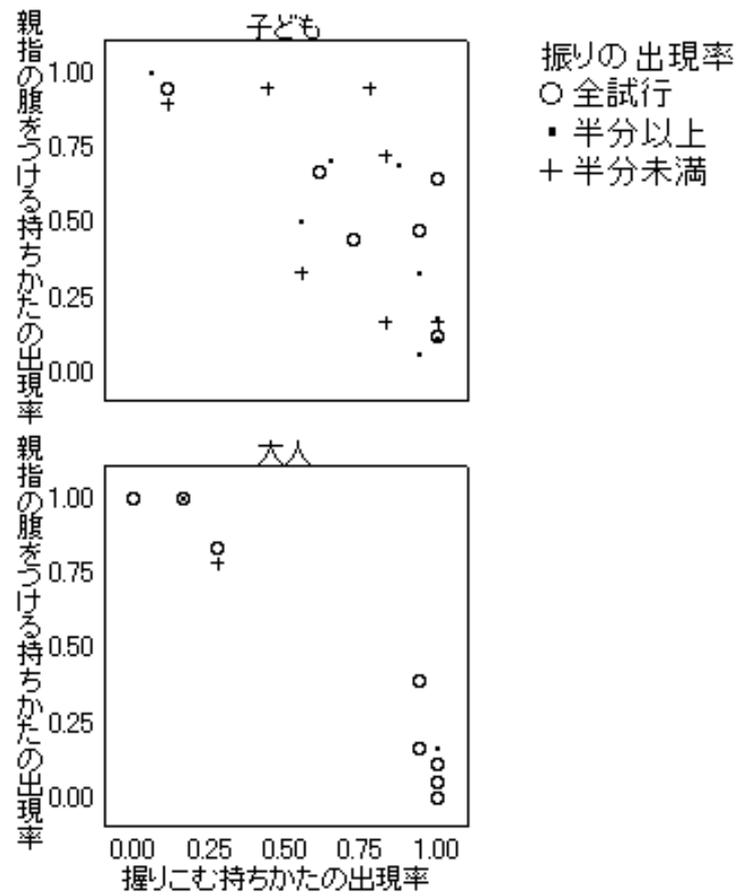


Figure 4.4 年齢群別に示した主な2つの把握形態の個体内変動

振る動きの出現

全 18 試行を通して最後まで振りのあらかわれないケースは子どもで 3 名（男児 1 名，女児 2 名）いたが，大人では観察されなかった（Table 4.1）。

Table 4.1 振りの出現率の年齢群別人数分布

振りの出現	なし	あり		
		5 割未満	5 割以上	全試行
子ども	3	4	8	6
大人	0	1	2	11

注：全 18 試行中少なくとも 1 回以上の振りの動きが観察された試行数の割合を被験者ごとに算出し，年齢群別に人数を示した。

大人群は子ども群と比較して振りの出現率が高く，順序ロジスティック検定の結果，年齢群間での人数構成の差異が有意であった（ $G^2(df = 1, N = 35) = 9.14, p < 0.01$ ）。なお，全試行で振りが出現したのは子どもでは 21 名中 6 名にとどまり，それ以外の 15 名は 2 名を除き，振る探索が一度あらかわっても必ずしもその後の試行に継続されるわけではなかった。また，振りの出現率と把握形態について，散布図をみる限りにおいて，明確な関連性はみられないと思われる（Figure 4.4）。

4.4.1 振りの方向

要因別に，観察された振りの方向の出現率を図示した（Figure 4.5）。

両群共に多く観察されたのが内外方向の振りであり，棒の長いほど，また最も短いサイズの棒ほど出現率が低くなり，グラフの折れ線が「へ」の字型をしていることは共通している。それに対して，縦振りは両群共に長い棒で増えているものの，グラフの折れ線の形は似ていない。また，回

転は短い棒よりも長い棒において若干多くなる可能性も考えられるだろう。子どもにおいては、試行を重ねるごとに縦振りも内外方向の振りもやや増える傾向にあり、それに対して大人においては、はじめのうちはあまり出現率の変わらない二つの振りかたが、反復が進むにつれて違いを生じている。試行あたりの振り方向の変化数を従属変数とし、棒の長さ（共変量）と年齢群及び反復を要因とした共分散分析によると、大人群のほうが変化は多く（ $F(1, 33) = 13.08, p < 0.01$ ）、さらに個人差が大きいこと（ $F(33, 33) = 10.27, p < 0.001$ ）も示された。ただし、各振りの方向については、それぞれの生起率が棒の長さごとに交互作用的であり（Figure 4.5）、個別に解釈することが求められるため、この結果についての解釈はこれ以上難しいと思われる。

これらは個体内変動として、どのようにあらわれているのであろうか。縦方向と内外方向について年齢群別に散布図にして図示した（Figure 4.6）。なお、観察対象となった620試行中、振りのあらわれた試行は466試行であったが、その内の449試行（96.1%、ただし全620試行中で72.4%）において、少なくともどちらか一方が観察された。ただし子どもで1名、回転による振りの出現率が0.94のケース（縦方向と内外方向の振りの出現率はそれぞれ0.18, 0.47）があったが、それ以外の被験者での最大値は0.33であった。子どもにおいては縦方向の振りが少ないが、内外方向の振りが大人と変わらないほど分散している。また大人においては、振りの方向が個体内で決まっていなかったことがわかる。

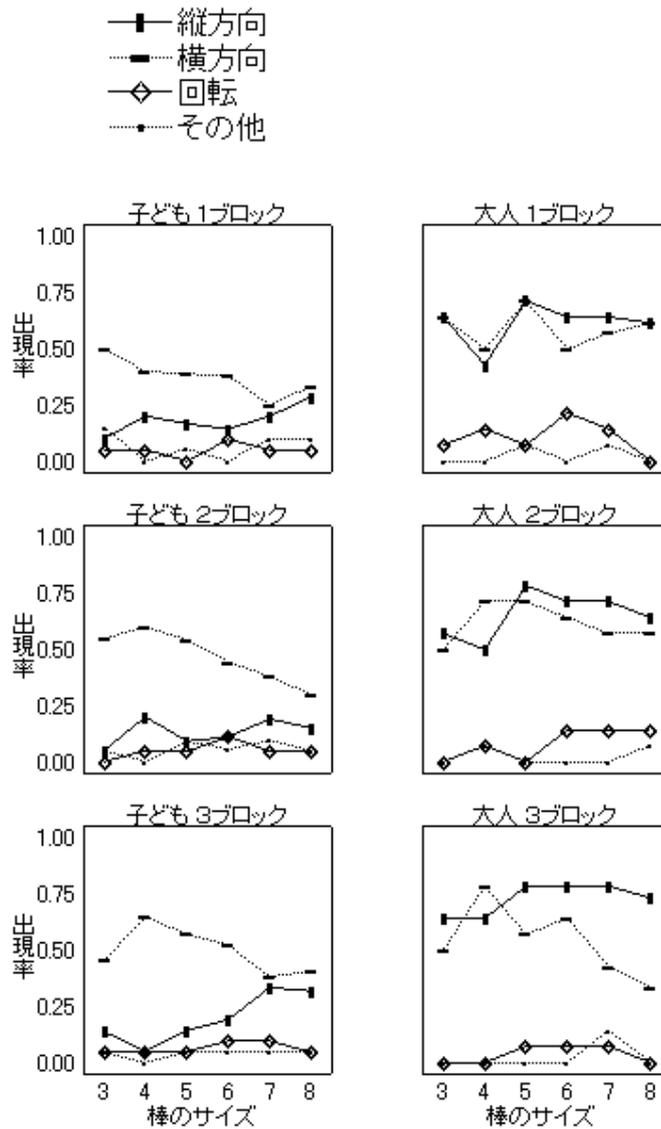


Figure 4.5 年齢群別に示した各方向の振りの出現率と反復および棒の長さによる影響

左側は子ども，右側が大人である。また上から順に1から3ブロックを示し，それぞれに棒の長さ別にして示した。

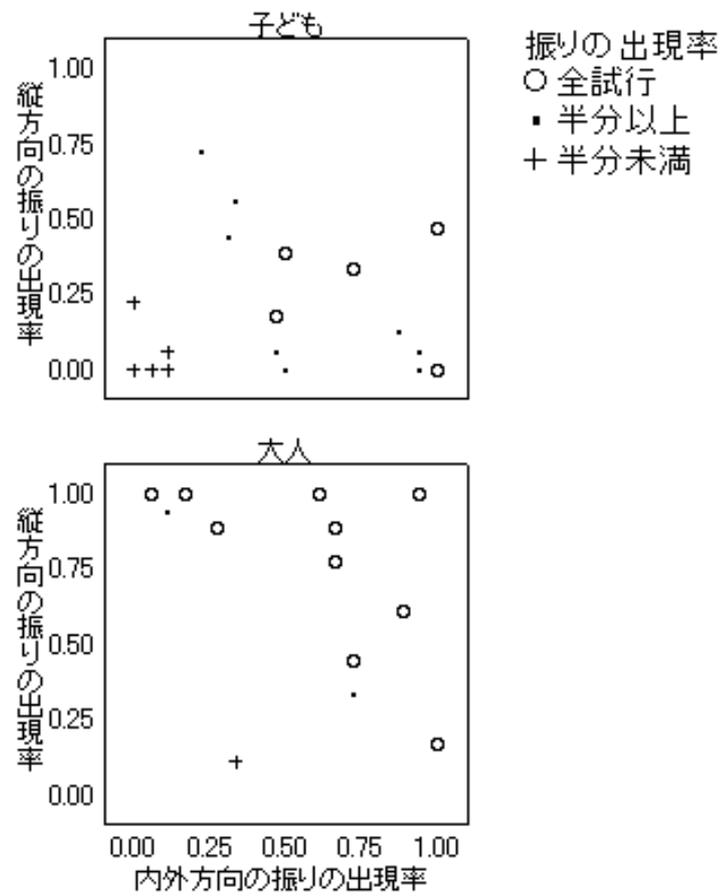


Figure 4.6 年齢群別に示した主2つの振り方の個体内変動

4.4.2 棒の長さ報告

報告された棒の長さについて、要因別に平均を図示したが (Figure 4.7), 一見して年齢群間には差がみられない。この結果について共分散分析によって両年齢群を一括して分析し、実験計画による独立変数に加えて持ちかたと振りかたによる影響を検討した。把握形態の変化数を共変量として加え、振りかたについては4つの振りかたの有無を主効果としてモデルに加えて検討をおこなった (いずれも他の要因との交互作用は仮定しない)。

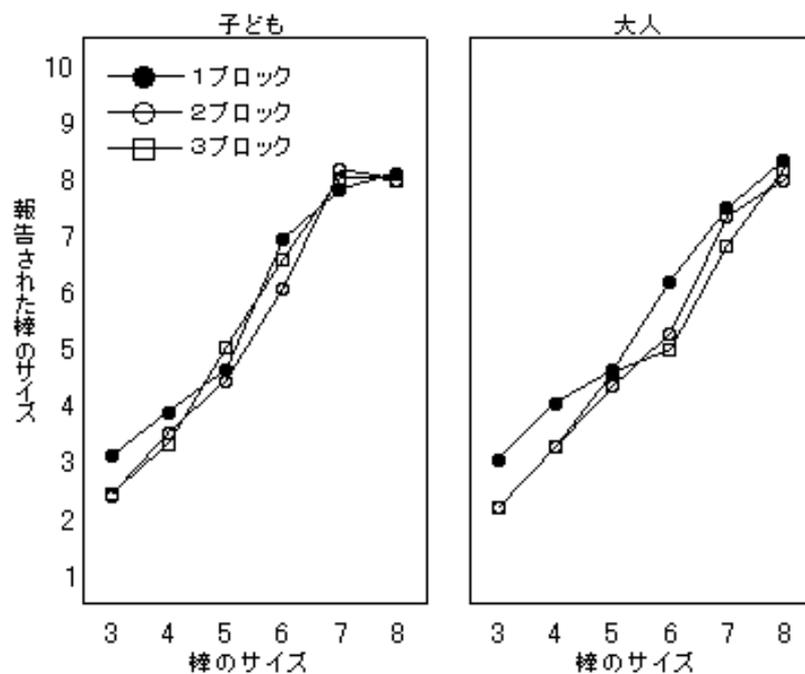


Figure 4.7 年齢群別に示した各ブロックごとの棒の長さ報告結果

その結果、報告された棒の長さは実際の棒の長さとは比例する関係が示され、傾きは $1.17 (F(1, 33) = 688.65, p < 0.001)$ 、切片値は -0.95 と推定

された。また1ブロック目(最初から6試行)は0.23サイズ分長く報告され、2, 3ブロックは若干短く、反復の効果が有意であった($F(2, 66) = 3.93, p < 0.05$)。また、把握形態の変化数が大きいほど、報告される長さが長くなることが示された(推定値は0.21: $F(1, 473) = 5.35, p < 0.05$)。また、回転の振りがあった試行は、なかった試行よりも報告される長さが短くなることが示された(推定値は-0.29: $F(1, 473) = 4.99, p < 0.05$)。内外方向については逆の傾向があったが、有意ではなかった(推定値は0.11: $F(1, 473) = 2.97, n.s.$)。また、個人差がその主効果($F(33, 33) = 3.42, p < 0.001$)と傾き($F(33, 473) = 1.99, p < 0.01$)のいずれにも顕著であったほかは、年齢群による主効果や交互作用はみられなかった。

次に報告された長さについて、実際の長さを予測変数とした単回帰分析による説明率をひとりずつ算出したところ、子ども群での中央値は0.776($N = 21$)、また、振りによる探索が全試行で現れた群は0.761($N = 6$)、5割以上の群は0.789($N = 8$)、5割未満及び振りの現れなかった群はまとめて0.776($N = 7$)と群間による差はみられなかった。なお、大人では全体で0.882($N = 14$)であり、年齢群による違いが、Mann-Whitney 検定の結果、両側検定において有意であった($U = 50.00(N = 35), p < 0.01$)。ただし、両年齢群ともに報告の内的一貫性は高いことが示唆されたといえる。すなわち、同一被験者に同一の棒をくり返して提示したときにも、同じ報告が安定して得られるという傾向が両群に共通していると考えられる。

4.5 考察

本章では、ダイナミックタッチによる探索の発達について、棒の長さ知覚課題による実験を通して、特に多様な探索形態の変化に注目することで、検討をおこなった。

4.5.1 把握形態と棒の振りかた

結果から示されたことは、この触探索の発達的变化を、棒を振る動きの違いだけに帰することはできないこと、多様な探索は子どもにも大人にも観察されたが、探索のレパートリーが単純に増え続けていくわけではないことであった。接触形態が探されなくなることも、探索の質的な発達である。また多様性の変化に注目することで (Goldfield, 1995; Greer & Lockman, 1998; 三嶋, 1996; Thelen & Smith, 1994), 発達を量的増減として記述するのではなく、多方向へ分化していく過程として扱えることが示された。

把握形態に注目したのは、振るという行為と不可分なためである。子どもにおいては把握形態の個体内変動が大きく、持ちかたが最も探されていると解釈できる。それに対して大人でははっきりと分かれた分布であり、それは固定された把握形態があることとして読みとれ、ほとんど探されなくなった探索形態であると判断できるだろう。

一方で、振りかたについては、子どもにおいてちょうど探索されはじめた段階とみなせる。それに対して大人では生起量が増え、さらに縦振りと内外方向の振りが個体内で変動していることから、どのように振るかが洗練される段階ともいえるだろう。ただしこのことは、大人の探索形態が完成され、固定されてはいないことを示しているだろう。

少なくとも、子どもは大人とは異なる探索のしかたによって、知覚を

達成しようとしていたことが解釈可能であり、大人の行動形態を絶対基準に置くことで子どもの探索を単に未発達と記述することはもはや適切ではないだろう。こうした結果は、振りの動きのみを探索の発達の指標とし、平均値の増減だけを問題としていたならば、表現できなかった可能性もある。

子どもにおいて持ちかたが変化する理由のひとつとして、皮膚接触による情報を利用していた可能性も考えられる。振るという行為は必然的に触ってから把握し、さらに振るという形態をとるが、そうした身体的制約が触りかたや持ちかた、さらには振りかたへといった発達の順にも、相似的な関係として反映されているのかもしれない。触りかたとダイナミックタッチによる知覚についての関連は、現在明らかでないが、重要な情報となっている可能性が高く、持ちかたとともに今後とも検討が必要であると思われる。

本研究の観察によって、子どもも大人も共通して各探索形態が個体内で動的に変化していること、さらにそれらの発達の的な変化が示され、三嶋（1996）によって記述された比較的短いスパンでの探索の組織化や収斂といった変化が、発達という長期にわたる変化としても生じていることが示唆されただろう。そして、リアルタイムの経験・学習と、発達が同じシステムによって説明可能（Thelen & Smith, 1994）であるならば、探索の表出が知覚対象とどのように関係するのか、ここで改めて吟味していくことは重要と思われる。

特に、これらに関連する身体の構造における物理的制約として、操作のしやすさや振りやすさといった点を、基礎として位置づけることができるだろう。まず、棒の持ちかたについて、例えば把握形態の変化数が短い棒ほど多くなる傾向については、長い棒はよりしっかりと保持する

必要性があり，短い軽い棒のほうが変化の自由度が高く，持ちかたが探しやすいことなどがあるかもしれない。

また，振りの動きに関しては，運動の負荷量から考えると，手首の関節を用いた小さな回転がもっとも効率のよいものであると思われ，手首関節の稼動からは内外方向の振りが他と比べて振りやすいはずである。それに対して，縦方向による振りは恐らく肘によるやや大きな振幅運動をイメージすれば，振りやすくなることが想像される。また，棒は長さ に比して重くなるため，子どもにおいて長い棒ほど肘まで含めた縦振りの動きが増える（Figure 4.5）理由についても考えやすい。

その一方で，課題の反復による探索形態の変化や，年齢群間でのそれらの違いなどを含めて考えると，探索の表出を単なる振りやすさや操作のしやすさだけに還元できない。特に，試行内での把握形態の変化数や回転の振りの有無が知覚される棒の長さに影響を与えていることと関連させれば，対象をより敏感に知覚することをアフォードする接触形態が考えられ，さらにそれらが探されている可能性も考えられる。

以上の結果は，動きが中枢制御による一方向的なものでなく，知覚対象との関係性から創発している（三嶋，1996）といった見解を支持すると考えられ，どのような振りの動きを与えても知覚される量に変化はない（Pagano et al, 1993; Turvey, 1996/2001）とする恒常説に対して，改めて疑問を呈するものといえるだろう。

4.5.2 達成される知覚への影響

それでは，ダイナミックタッチによって達成される知覚は，その発達的变化とどのように関連するのだろうか。結果からは，発達に伴って振りの生起量は増加し，振りかたが探されるようになったと考えられるが，振りかたの洗練は達成される知覚に影響を与えているのであろうか。

残念ながら，本研究結果からこの問いに答えることは，以下の理由から，困難な点が多い。まず，大人においては，同一被験者に同一の刺激をくり返して提示したときに安定した報告がなされる。これは，振りによる探索の影響と解釈できなくもないが，子どもにおいて振りの生起量と報告の安定性は対応しているわけでもなく，さらに一般に大人のほうが慎重な判断をおこなうことも推測され，ダイナミックタッチの発達を知覚精度の向上に置き換えることは難しい。

次に，振りの有無による知覚の差異は認められなかった。本章の実験は材質が等しい刺激配列を用いており，複雑な手続きは採っていないが，このとき仮に振りの有無によって抽出される情報が違っていたとしても，知覚に関連すると思われる全ての物理量が高い相関関係にあるため，表面化しないとも考えられる。よって，ダイナミックタッチの発達がどのように知覚に関連するのか，今後は物理的な観点からの検討が必要であり，知覚の発達に関連させた議論が期待されるだろう。

これらは全て今後の検討課題となったが，ある意味では逆に本研究の結果から，ダイナミックタッチの発達によって達成される知覚に差異が生じていても，その差異は表面的に明らかになりにくいということが示唆されたのではないだろうか。

また，把握形態の変化が知覚に影響する結果も示されている一方で，大人では探されなくなる探索形態であるということについて，本研究結果だけでは不明な点も多く，知覚の量的側面だけでなく，今後は知覚のしやすさという質的な側面も含めて，振りの有無と関連させて，把握形態の変化や皮膚接触の情報がどれだけ知覚の達成に寄与しているのかについても，検討が必要であるだろう。

第5章 静止保持時の棒の長さ知覚と精神物理学モデル

ダイナミックタッチは探索の動きを伴った触だが、もしも、能動的な動きが知覚の達成に深く関連しているのであれば、動きが制限された状況での知覚とは、達成される知覚が質的に異なるはずである。本章では、探索の違いが達成される知覚に及ぼす影響を明らかにするため、振りによるダイナミックタッチの探索と静止保持とを対比させ、精神物理学的に比較検討する。

5.1 静止保持時のモデル：レビュー

ダイナミックタッチによる知覚については、棒の長さを触覚的に知覚させる実験によって、特に物理的観点から多くの検討が重ねられてきた。また、いくつかの研究は振る動きを制限した探索条件として静止保持による知覚条件を設定し、それによって達成される知覚と振って動かすダイナミックタッチによる知覚とを比較検討している (Burton & Turvey 1990; Carello, Fitzpatrick, Domaniewicz, Chan, & Turvey, 1992; Carello, Santana, & Burton, 1996; Chan, 1994; Stroop, Turvey, Fitzpatrick, & Carello, 2000)。

その結果、ダイナミックタッチによる知覚は、静止保持に比べて、実際の棒の長さとは知覚された棒の長さとの相関が高いという結果 (Burton & Turvey, 1990; Chan 1994; Carello et al., 1996) が、一部を除いて (Stroop

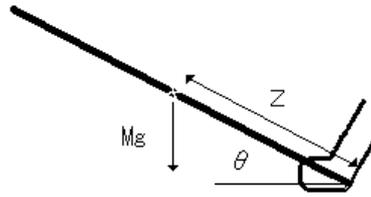


Figure 5.1 棒の持ち方と質量，トルク

et al., 2000) 示されている。

これら 2 つの条件における棒の長さ知覚は，精神物理学の枠組みにおいて，どのようにモデル化できるのであろうか。ダイナミックタッチの慣性テンソルモデルについては，既に 1 章で説明した。そこで，本章では，静止保持による長さ知覚について，先行研究がどのようにモデル化してきたのか，順に紹介し，問題点を踏まえた上で新たな検討をおこなうこととする。

5.1.1 静止モーメントモデル (Static Moment model)

知覚量を静止モーメントに近似させた静止モーメントモデル (Burton & Turvey, 1990; Carello et al., 1992) は，1 次モーメントモデル (first moment model) と呼ばれ，シンプルである。静止モーメントは

$$\text{static moment} = Z \times Mg \quad (5.1)$$

とあらわされる。ただし Z は保持位置から質量の中心点までの距離， M は棒の質量， g は重力加速度をそれぞれ示す (Figure 5.1)。

静止モーメントは，角度によって値が変化するトルク (gravitational

torque)とは異なっている。トルクの定義を確認しておく

$$\text{torque} = \cos \theta \times Z \times Mg \quad (5.2)$$

である。ここでの θ は棒と水平面との角度であり、つまりトルクは、水平保持で $\cos \theta = 1$ で最大となり、垂直保持($\cos \theta = 0$)で最小となる。実際に棒の端を手を持って角度を変えてみれば、これらの大小関係が実感できるように、トルクの意味するところは、手にかかる負荷量の大きさである(式 5.1)。

そうすると、トルクではなく、保持角度に依らず不変な静止モーメントを用いるというのは、知覚される長さが負荷量の大きさに従うわけではないことを意味することがわかる。モデルの前提に関して、これ以上の説明はないが、知覚者が自分自身の手の角度の向きを手がかりとし、手の角度によって生じる負荷量の増加分を相殺した総体として知覚を報告していると解釈できるだろう。ただし、こうした解釈は、このモデルを支持する立場の生態心理学が依拠する「不変項の直接知覚」という概念には反するとも思われ、不明瞭な点もある。

さらに、この単回帰モデルにトルクを予測変数として加えた重回帰モデルとして、静止モーメント - トルクモデル(Carello et al., 1992; Lederman et al., 1996)もみられるが、基本的には静止モーメントモデルと同じ構造をしていると考えてもよい。先と同様に解釈すれば、相殺しきれないトルクの影響が残ることを考慮に入れるモデルといえるだろう。

モデルの解釈については議論の分かれる可能性があるとしても、このモデルは解釈できる。それよりも、このモデルの問題はその構造にある。それは棒の質量中心部を保持した場合、 $Z = 0$ より物理量が0となるため、重さの大小によらず全て知覚量が0という事態に陥ることである。つまり、単独でモデルが完成しない(Burton & Turvey, 1990; Chan, 1994;

Lederman et al., 1996) のであり，この問題が回避できないために，他の物理量による説明が探索されはじめた。

5.1.2 重さ - トルクモデル (Force-Torque model)

上述の構造的問題をふまえ，角度によって変わる負荷をトルク (torque) で表現し，棒の重さ ($\text{force} = Mg$) との2つの物理量を用いた重回帰モデルを採用したのが Chan(1994) や Lederman ら (1996) であった。

同モデルは，2つの予測変数の回帰係数の符号がプラスであれば，解釈可能となる。知覚される長さは棒が重ければ重いほど，長くなり，棒の端を持って水平にした場合のほうが，斜めにした場合よりも手にかかる負荷が大きいため，長く感じられるということが想定される。静止モーメントモデルや後述する慣性テンソルモデルよりも，はるかに解釈可能性が高いといえるだろう。Lederman ら (1996) はまた，知覚される重さが知覚される長さとなることを想定した「重さ知覚モデル」も提案しているが，同モデルにおいて扱われている重さの知覚は，重さとトルクによって表現されることが想定されるため，基本的な構造はこのモデルと同じと考えても差し支えないだろう。

このモデルの問題点は，結果の不安定性にある。モデルの適合は常に良好ではあるものの，実験条件を変える度に重さやトルクの回帰係数の符号の正負が反転するなど (Lederman et al.,1996)，総合して有効な解釈をおこなうことができない。

5.1.3 慣性テンソルモデル (Inertia Tensor Model)

生態心理学の立場では，知覚者と知覚対象の不変な関係性がどのように知覚されているのか，さらにそれを力学的に関数化することが探究される。

静止モーメントモデルの中心保持問題を受けて提案されたのは、慣性テンソルを用いたモデルであった (Carello, Santana, & Burton, 1996; Stroop et al., 2000)。Stroop ら (2000) によれば、止まっているはずの状態の知覚を、動きによって初めて顕在化する回転質量である慣性テンソルでモデル化する理由として、静止保持することとは完全に止まることではなく、わずかな動きをともなうためであるという。確かに我々は厳密に静止することなど不可能であり、静止状態を前提とする静止モーメントモデルや重さ - トルクモデルと比較して考えても、妥当な指摘といえるだろう。

ところが、問題がある。Carello ら (1996) や Stroop ら (2000) の慣性テンソルモデルは重回帰モデルで、さらに予測変数が I_1 と I_3 である。つまり、ダイナミックタッチと全く同じ形をしている。それにも拘わらず、その解釈や前提の違いが明確に述べられていない。むしろ、Stroop ら (2000) は静止保持による知覚がダイナミックタッチによって達成される棒の長さ知覚 (Fitzpatrick, Carello, & Turvey, 1994) とほとんど変わらないことを強調している。しかし、そうすると、ダイナミックタッチによる知覚の報告が、静止保持時に比べて、実際の棒の長さに近くなる結果 (Burton & Turvey, 1990; Chan 1994; Carello et al., 1996) について、このモデルでは説明できないことになる。なお、Stroop ら (2000) が根拠にしている実験結果 (実験 1) で用いられている材料は、太さの異なる棒が混合して用いられているため、棒の太さの情報を被験者が利用していたことについては否定できないのである。

5.2 新モデルの提案

以上にみてきたように、ダイナミックタッチについては慣性テンソルモデルが有力な仮説であるが、静止保持時の長さ知覚については、これまでのところ決定的なモデルはない。むしろ逆に、モデルが乱立しているのが現状である。

本研究は、静止条件時のモデルを検討し、それと同時に、探索の能動的運動が知覚情報の抽出に有効に機能していることを示す実験を計画する。

このセクションで本研究の基本的立場を明確にし、具体的な仮説モデルと実験計画へと議論を続ける。これまでの静止時モデルの欠点は、ダイナミックタッチによる運動時との間の差異と連続性を同時に理論化できなかったことである。

5.2.1 モデル化における前提

本研究は第一に、Gibsonの不変項の直接知覚論に依拠し、生態心理学的な立場を採る。そして、能動的な探索の動きが不変項情報の抽出のために有効に機能していることを実験的に確かめる。この時点で、従来の重さ - トルクモデルとは異なる立場を採る。

第二に「ダイナミックタッチ時と静止時では、抽出可能なアフォーダンスは質的に違う」と考える。両者の差異化を念頭におき、その上で静止条件時のモデル化を試みる。この点で、両者を同一視するStroopら(2000)の慣性テンソルモデルとは異なる立場を採る。

第3に、両者の連続的統合を求める。これまでの静止保持時モデルの難点は、ダイナミックタッチによる運動時との差異と連続性を統一的に表現できなかったことだ。静止モーメントのみを独立変数とする立場は採らない。

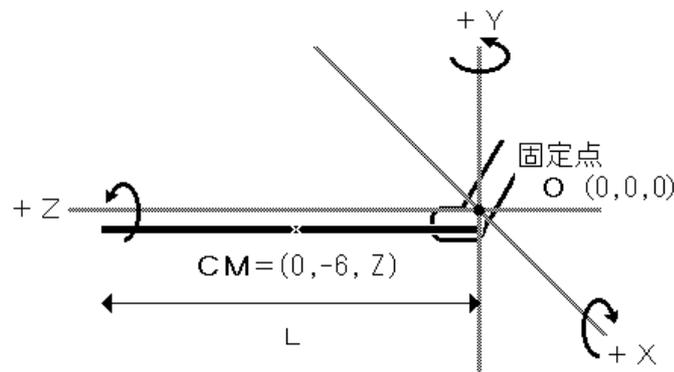


Figure 5.2 棒を持つ手の模式図 (Figure 1.1 再掲)

もしも，差異と同一性を連続的に説明可能になれば，従来にない長所を有する統合モデルと位置づけられるだろう。

5.2.2 最大固有値モデル

以上の問題点を総合し，本研究は，これらの前提を満たすモデルとして，慣性テンソル成分の最大固有値 (I_1) モデルを提案する。最大固有値とは Figure 5.2 の X 軸回転の抵抗の大きさであるため慣性テンソルモデルではあるが，静止保持時において，最小固有値の大きさ，Figure 5.2 に示される Z 軸の回転運動に対する抵抗の大きさは知覚に影響しないことを想定する点において，これまでのモデルとは異なっている。

5.2.3 目的

本章では，最大固有値モデルを含めた複数のモデルを比較し，静止保持による長さ知覚について，その精神物理学的法則性を捉え直すことを目的とする。ただし，全てのモデルを比較すると，実験の数が膨大になる。そこで最初に，重さ - トルクモデルと静止モーメントモデル，さらに静止モーメント - トルクモデルについて比較検討をおこなう。そして，

それらの中からひとつを残し，残されたモデルと慣性テンソルモデル，最大固有値 (I_1) の検討をおこなう。

5.3 実験 1

これらのモデルが比較可能となるように，予測量を利用した実験計画も考えられるが，重さ - トルクモデルには定まった回帰係数のモデルがあるわけではなく，さらに3つのモデルを同時に検討するため，そうした手続きをとれない。そこで，重さ，トルク，静止モーメントの3つの予測変数間の相関を同時に下げて，各回帰係数の効果および各モデルの適合度を比較検討することとする。予測変数間の相関が互いに0に近くなれば，推定された回帰係数についてもそれぞれ独立に解釈可能となる。そのため，本実験では比重の異なる棒を用いることとする。というのも，重い材質で短い棒から軽い材質で長い棒までを順にそろえることで，重さと静止モーメントの相関を低くすることができるからである。なお，トルクと他の2つとの相関は，先行研究にならい，保持角度を変化させることで下げることができる。

このように，予測変数どうしの相関をあらかじめ低くする手続きによって，少なくとも全てのモデルが9割以上の説明率を出すといった状況は回避可能となり，物理量の効果の大きさが説明率にそのまま反映されると考えてよいだろう。

報告される棒の長さが，重い棒ほど，さらに水平にして保持したときほど長く報告されるならば，重さ - トルクモデルがより適したモデルであると解釈され，逆に静止モーメント量に比例し，さらに保持角度による差がみられないならば，静止モーメントモデルが適合すると考えられ，このとき保持角度の影響が大きいならば，静止モーメント - トルクモデ

ルが適合するとの仮説がなされる。

5.3.1 方法

被験者

学生 6 名 (男女各 3 名)。全員が右利きであった。

材 料

ステンレス材 (比重 7.90) の 20.0 cm , アルミ材 (2.70) の 30.0 cm と 50.0 cm , ラミン材 (0.66) の 90.0 cm , 4 本全て直径 $2R = 1.0$ cm の棒を用意し, それぞれ棒 A から D とした。末端には木製のハンドル (長さ $l = 10.0$ cm , プナ材で比重 $d = 0.566$, 重さ $m = 13.34$ g , 外径 $2r_1 = 2.00$ cm , 内径 $2r_1 \cong 1.00$ cm) を取り付け, 皮膚接触によって感じられる材質の質感や, グリップの太さの要因が, 知覚の報告に影響することがないように統一した (各物理量はハンドル部分を含めて計算をおこなった。付録参照)。静止モーメントは順に $C > D > A > B$, 重さは $A > C > B > D$ という関係で, 対数化した時の相関係数は 0.01 となった (Table 5.1)。

Table 5.1 実験 1 で使用した棒の各物理量

棒	長さ (cm)	重さ (g)	静止モーメント (N · cm)	トルク (N · cm)		
				($\theta = 0$)	($\theta = 60$)	($\theta = 90$)
A	20.0	137.4	12827.6	12827.6	6413.8	0.0
B	30.0	77.0	10015.4	10015.4	5007.7	0.0
C	50.0	119.4	26657.7	26657.7	13328.8	0.0
D	90.0	60.0	21248.9	21248.9	10624.5	0.0

手続き

被験者を椅子に座らせて, 右手に渡す棒の長さを目で見ることなしに報告する課題であることを教示し, 保持する棒が被験者に見えないよう

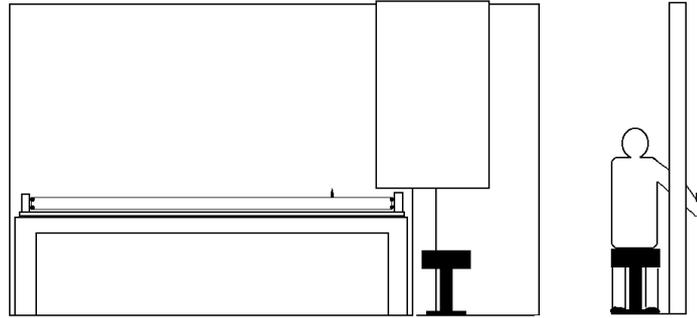


Figure 5.3 実験場面模式図

注：図左は実験場面を左側から見たときであり，図右は被験者の背後からの図である。被験者は右手に棒を保持するが，右手側は仕切りによって視覚的に遮断されている。

に仕切りを設置した (Figure 5.3)。Chan(1994) にならい，棒は握力把握によって右手で保持させ，棒は持ったままの状態で，左手で赤いマーカーを移動することで感じられた棒の長さを変化させた。報告が終わる度に実験者がマーカーを手前に戻した。4本の棒の報告を1セッションとしてブロック化し，水平，60度，垂直の3つの保持条件を無作為化した順序でおこなった(計12回)。なお，被験者には渡された保持角度を維持するようにもとめ，いずれの条件においても水平にしたときの棒の長さを想定させることで報告させた。

分析方法

Lederman ら (1996) にならい、ベキ関数回帰に近似させるため、予測変数と基準変数はいずれも全て事前に対数化処理した。ただし、分析は予測変数を共変量、被験者を変量要因とした乱塊法の共分散分析とし、生データを標本として扱う。

また、今回の目的は、複数のモデルの適合性を確認的に比較検討することであるため、共変量の効果については、全てのモデルにおいて被験者間等価の制約を課す(被験者×予測変数の交互作用項は仮定しない)。この制約は、従来 of 先行研究と同様に、個々の被験者に共通した効果をもつ予測変数の検討を意味し、同時に回帰係数の個人差が説明率上昇には寄与しないように働いている。推定は制限最尤法を用いたが、同推定法は変量効果の検定に不向きであり、本分析の目的も個体差の検討ではないため、変量効果についての有意差検定はおこなわない。

この手続きにより、対数化したトルクと静止モーメントの相関係数は0.06、重さとは < 0.001 となり、いずれもほぼ無相関とみなせる。実験においては、標準刺激(モデュラス)は用いず、練習試行も設けなかった。制限時間は設定せず、結果のフィードバックは実験が終了するまで与えなかった。

5.3.2 結果と考察

報告された棒の長さについて、全被験者の幾何平均値を Table 5.2 に示した。知覚量は重さの順($A > C > B > D$)には全く従っておらず、保持角度による差もみられない。各モデルの適合度と効果項については Table 5.3 に示した。

重さ - トルクモデルについて、推定された重さの回帰係数は負となったが、それは重ければ重いほど棒が短く知覚されることを意味するため、

Table 5.2 実験 1 において知覚された棒の長さの幾何平均値と慣性テンソル

棒	I_1 ($\text{g} \cdot \text{cm}^2$)	I_3 ($\text{g} \cdot \text{cm}^2$)	知覚された長さ (cm)		
			($\theta = 0$)	($\theta = 60$)	($\theta = 90$)
A	21937.7	4491.2	28.3	24.8	24.5
B	22300.0	2306.5	27.0	22.6	22.8
C	93099.0	3838.6	43.0	36.6	36.9
D	128566.3	1693.7	46.9	39.7	40.8

注：実験 1 での比較には、慣性テンソルモデルは含まれていない。

モデルの前提とは相容れず、さらにトルクの効果も有意でない。以上の結果より、重さ - トルクモデルは静止条件時の知覚モデルとして有効ではないことが示されたといえる。

一方で、静止モーメントモデル及び静止モーメント - トルクモデルの説明率 (R^2 値) は、それぞれ 0.701 と 0.710 であり、予測変数の数が増えているため当然の結果として後者の適合度が高いが、むしろその割には説明率の差は小さく、トルクの効果も有意ではないことと総合して、保持角度によって生じるトルクの影響は十分に小さいと判断できるだろう。

Table 5.3 実験 1 における各モデルの分析結果

モデル	効果項	推定値	自由度	F 値	P 値
静止モーメント $R^2 = 0.701$	静止モーメント	0.592	(1,65)	67.91	< 0.001
	切片値 被験者*	-2.284	(5,65)		
静止モーメント - トルク $R^2 = 0.710$	静止モーメント	0.586	(1, 64)	67.25	< 0.001
	トルク	0.009	(1, 64)	1.85	n.s.
	切片値 被験者*	-2.282	(5,64)		
重さ - トルク $R^2 = 0.440$	重さ	-0.238	(1,64)	4.22	< 0.05
	トルク	0.012	(1,64)	1.77	n.s.
	切片値 被験者*	4.465	(5,64)		
慣性テンソル $R^2 = 0.743$	I_1	0.314	(1,64)	78.99	< 0.001
	I_3	0.055	(1,64)	0.56	n.s.
	切片値 被験者*	-0.369	(5,64)		

注：*被験者要因は切片値の分散のみ変量効果として全モデルにも含まれているが、有意差検定は行っていない。

5.4 実験 2

実験 1 では、重さ - トルクモデルと静止モーメント - トルクモデルが棄却された。実験 2 では、静止保持時の知覚について、静止モーメントモデルと慣性テンソルモデル、最大固有値モデルの 3 モデルを比較検討する。

ただし、最大固有値モデルは慣性テンソルモデルの下位モデルであるため、その適合性については最小固有値への回帰係数の大きさから判断する。

一方の静止モーメントモデルと慣性テンソルモデルとの決定的な違いは、手の揺れる動きに対する認識といってもよいだろう。前者は揺れの影響がないとし、後者は積極的にそれを認めるものである。

もしも、静止保持時の揺れの動きが無視できるほどに小さく、静止モーメントによる近似が可能であるならば、知覚量は静止モーメント量に比例することが予想される。逆に揺れる動きが回転質量を生み出すならば、知覚量は慣性テンソル量に従うと予想される。

実験 2 では、静止モーメント量と慣性テンソルモデルによる知覚の予測量 (Stroop et al., 2000 より) を利用し、互いの予測量が相反するように、材料を選定し、実験を計画する。2 つのモデルの説明率を比較し、慣性テンソルモデルよりも、静止モーメントモデルの説明率が高ければ、静止モーメントモデルを採用する。逆ならば、慣性テンソルモデルを採用する。またこのとき、最小固有値への回帰係数が十分に小さければ最大固有値モデルが適合すると考えられる。

5.4.1 方法

被験者

学生 6 名 (それぞれ男女 3 名ずつ)。左利きは 1 名であった。

Table 5.4 実験2・3で使用した棒の各物理量

棒	長さ (cm)	重さ (g)	静止モーメント (N・cm)	I_1 (g・cm ²)	I_3 (g・cm ²)
E	30.0	199.5	28044.5	63467.5	6732.6
F	40.0	98.2	17296.4	49217.2	3072.6
G	70.0	49.6	13112.7	61497.1	1319.1
H	90.0	40.9	12823.8	76349.2	1017.0

材 料

ステンレス材 (比重 7.90) の 30.0 cm , アルミ材 (2.70) の 40.0 cm , ラミン材 (0.66) の 70.0 cm , ヒノキ材 (0.39) の 90.0 cm の棒を用意し , それぞれ棒 E から棒 H とした (Table 5.4)。使用した棒はいずれも直径 $2R = 1.0\text{cm}$ で , 末端には実験 1 と同じハンドルを取り付けた。Stroop ら (2000 , pp.1140.) のモデル (I_1 と I_3 の回帰係数はそれぞれ 0.39 , -0.26 , 切片値は 3.80 , さらに $x = 0$, $y = 6$ として計算) による予測値は $E < F < G < H$, 静止モーメントは $E > F > G > H$ となった。つまり , 知覚の予測量がモデル間で全く逆転している (Table 5.4)。

手続き

実験手続きは基本的に実験 1 と同様である。水平に保持して可能なかぎり動かさないようにもとめた。4本の棒の報告を1セッションとしてブロック化し, 順は無作為化して, 3セッション繰り返し測定した (計 12 回)。

5.4.2 結果と考察

分析方法は実験 1 と同様である。各条件群の知覚報告結果の幾何平均値を Table 5.5 に示した。結果を順にみていく。静止保持群において達

Table 5.5 実験2・3において知覚された棒の長さの幾何平均値

棒	静止モーメント (N・cm)	$3.8I_1^{0.39}I_3^{-0.26}$ (cm)	知覚された長さ (cm)	
			静止保持	ダイナミックタッチ
E	28044.5	28.7	41.9	28.2
F	17296.4	31.8	33.2	33.0
G	13112.7	43.3	32.8	43.9
H	12823.8	50.5	38.9	52.8

注：* Stroop ら (2000) のモデルを参考にした静止保持条件時の知覚についての予測値

成された知覚量は、静止モーメント量の順には従っておらず (Table 5.5), 静止モーメントモデルの説明率は $R^2 = 0.351$ であった (Table 5.6)。

静止モーメントモデルを静止保持時の知覚モデルとして近似的に扱うことが難しいことが改めて示された。一方の慣性テンソルモデルも、回帰係数は最大固有値と最小固有値、共にどちらも有意であったが、知覚量は Stroop ら (2000) による慣性テンソルモデルによる予測値の順にも従っていない。

また、最小固有値の回帰係数が正の値であった。この結果、最大固有値モデルを仮説することは困難と考えられる。

5.5 実験 3

従来の慣性テンソルモデル (Stroop et al, 2000) の問題点は、静止保持時とダイナミックタッチによるそれぞれの長さ知覚の差異を明確にしないことであった。実験3の目的はそれらを精神物理学的に差異化することであり、確認的に検討をおこなう。

Table 5.6 実験 2 における各モデルの分析結果

モデル	効果項	推定値	自由度	F 値	P 値
静止モーメント モデル $R^2 = 0.351$	静止モーメント	0.198	(1,65)	7.15	< 0.01
	切片値	1.670			
	被験者*		(5,65)		
慣性テンソル モデル $R^2 = 0.468$	I_1	0.656	(1,64)	18.73	< 0.001
	I_3	0.118	(1,64)	13.96	< 0.001
	切片値	-4.553			
	被験者*		(5,64)		

注：*被験者要因は切片値の分散のみ変量効果として全モデルにも含まれているが、有意差検定は行っていない。

もしも Stroop ら (2000) が主張したように、静止保持による知覚がダイナミックタッチによる知覚と質的に変わらないなら、両条件間での回帰係数に違いはないと予想できる。逆に、本研究の考えが支持されるならば、ダイナミックタッチによる探索をおこなった場合と静止保持の場合とでは、報告される知覚が質的に異なることが予想される。

5.5.1 方 法

実験 2 と同じ材料を用いて実験をおこない、最大固有値と最小固有値の回帰係数について、条件間での交互作用を確認的に検討する。交互作用が有意なら、それはダイナミックタッチと静止保持によって不変項の抽出が異なっていることを意味するだろう。

被験者

学生 6 名 (それぞれ男女 3 名ずつ)。左利きは 1 名であった。

実験材料

実験 2 と同じである。

手続き

実験 2 と同じである。ただし、被験者には棒を振るように指示して、長さを報告させた。

5.5.2 結果

モデルの分析方法は基本的に実験 1 と同様である。ダイナミックタッチの慣性テンソルモデルの説明率は $R^2 = 0.731$ であった (Table 5.7)。

Table 5.7 ダイナミックタッチによる長さ知覚の分析結果

モデル	効果項	推定値	自由度	F 値	P 値
ダイナミック	I_1	0.330	(1,64)	2.34	n.s.
タッチ	I_3	-0.367	(1,64)	41.30	< 0.001
$R^2 = 0.783$	切片値	2.244			
	被験者*		(5,64)		

注：*被験者要因は切片値の分散のみ変量効果として全モデルにも含まれているが、有意差検定は行っていない。

なお、2つの探索条件によって達成される知覚の違いについては以下の共分散分析モデルによる交互作用の検定をおこなった。検討要因は、探索条件(ダイナミックタッチによる探索群と静止保持群)と共変量(最大固有値と最小固有値)、被験者は変量として2群からの枝分かれ配置とし、これらの2要因間の交互作用項までで構成したモデルによって、探索条件と2つの共変量の交互作用の検定をおこなった。

ダイナミックタッチによる探索群において報告された棒の長さを Table 5.6 に示した。静止条件との知覚の違いを共分散分析によって検討したとこ

る,探索条件×最小固有値 (I_3) の交互作用が有意であり ($F(1, 10) = 12.70, p < 0.05$), 探索条件の違いによって達成される知覚が質的に異なることが示された。探索条件×最大固有値 (I_1) との交互作用は有意でなかった ($F(1, 10) = 1.90, n.s.$)。従来の慣性テンソルモデルは, こうした違いを明確にしてこなかったが, 振る動きによって知覚される棒の長さは, 止めて持とうとするときに達成される知覚とは異なることが改めて示されたといえるだろう。

5.6 総合考察

本章では, 静止保持及びダイナミックタッチによる棒の長さ知覚課題を通して, 複数のモデルの適合性について, 全分散の説明率を基準に比較検討を続けてきた。

5.6.1 静止保持の長さ知覚モデル

実験1では, 重さ - トルクモデルが静止保持による長さ知覚を説明できないことが明らかになった。また, 手にかかる負荷としてのトルクも, その影響は小さく, 静止モーメント - トルクモデルも検討から除外した。

実験2では, 静止モーメントモデルと慣性テンソルモデルがどちらも適合しないことが明らかにされた。静止モーメントでの近似が難しいのは, 恐らく, 手の揺れが知覚報告に影響しているためであろう。慣性テンソルモデルが適合しなかったのは, 実験材料の問題も考えられるが, 最小固有値の効果が負ではなく, 正だったことも関連するだろう。

また一方で, 最大固有値が有力な独立変数であることはどちらの実験からも示唆された。実験1で重さの回帰係数が負となったが, 最大固有値との関係で捉えると, この点も解釈可能となる。まず実験1では, 重さと静止モーメント, さらにトルクとの相関は低くなるように計画して

いるため、全く別の変数が影響していることが考えられる。そして、実験1の材料では最大固有値と重さの相関は負(対数化時 $r = -0.32$)であり、これらを総合すると、重さの回帰係数が負であったことは、最大固有値との相関からの間接効果であったと考えられる。

しかしながら、実験2における最小固有値の回帰係数は正であり、本研究の提案した最大固有値モデルも解釈通りに適合したわけではなかった。静止保持による長さ知覚のモデル化は、予想以上に複雑な要因が絡んでいると思われる。

単純に線形回帰でモデル化が困難な理由としては、実験で用いられている材料の性質や配列が知覚に与える影響が考えられる。実験2では有意であった最小固有値だが、実験1の結果を同様に慣性テンソルモデルで再分析すると、有意でない結果が得られる (Table 5.3)。このような影響を認めるならば、現段階では、これらの物理量へと還元することは難しいといえる。

5.6.2 ダイナミックタッチとの差異化

実験3の結果は、本研究の考えを支持するものであった。慣性テンソルモデルによる分析により、静止保持とダイナミックタッチによる長さ知覚とを、回帰係数の違いとして表現可能となった。このことは、振りによる探索の有無が、不変項抽出に影響を与えることを示し、つまりは異なる探索条件においては、抽出可能な不変項情報が定量的に違ってくるといえる。

5.7 新たな展開

さて、しばらくの間、静止保持による長さ知覚を十全に説明可能な精神物理学的なモデルはなかったのだが (Burton & Turvey, 1990; Carello et al., 1992; Carello et al., 1996; Chan, 1994; Lederman, Ganeshan, & Ellis, 1996; Stroop et al, 2000), Kingma, Langenberg, & Beek (2004) による最新の実験結果には、注目すべきものがある。

5.7.1 最大固有値・静止モーメントモデル

Kingma ら (2004) は独立変数の候補として、重さ、静止モーメント、最大固有値、最小固有値を検討対象とした。彼らの実験は従来の方法と決定的に異なり、上記の諸変数が知覚量に与える効果を独立に分けて検討した。最初に、長さを報告する際に基準として参照されるリファレンスの棒を一本用意する。さらに独立変数の候補となる4つの変数について、他の変数の値を変えず、ひとつだけ进行操作した棒をそれぞれ4本用意する¹。こうした5本の棒を2セット用意し、合計10本の棒について長さ知覚課題を設定し、反復測定により被験者に報告させた。

その結果、ダイナミックタッチ時には最大固有値を変えた棒と、静止モーメントを変えた棒の長さ知覚が変わり、一方で静止保持時には、静止モーメントを変えた棒のみに長さ知覚に差がみられた。したがって、ダイナミックタッチにおいて抽出されているのは最大固有値と静止モーメント、それに対して静止保持時には静止モーメントが抽出されているとみなせる。

この結果が痛烈なのは、従来は慣性テンソルの最小固有値が長さを特

¹Kingma ら (2004) の方法は、特定の変数の値だけ进行操作して他の変数の値を一定に保つもので、テンソルオブジェクト (Amazeen & Turvey, 1996) の発明以降の画期的アイデアであろう。だが、テンソルオブジェクトよりも優れている点は、最大固有値や最小固有値だけでなく、静止モーメントや重さまでもコントロール可能なことである。

定するための情報と考えられていたが、実際には情報として利用されていないことを強く示唆したことだろう。これまでの慣性テンソルモデルにおける最小固有値の回帰係数は負であったが、その値については、静止モーメントとの正の相関による副産物と解され、慣性テンソルモデルは今後、独立変数の構成に根本的な改変を迫られる可能性が高い。

5.7.2 今後の課題

ただし、これで全て問題が解決したわけではない。

第一に、静止モーメントが独立変数として扱われることにより、棒の中心を保持した条件を説明付けることが逆に難しくなった(静止モーメントは中心を保持するときに値が0となる)。そのため、中心保持と末端保持とを統一的に扱えるモデルが求められることには変わりはない。

第二に、Kingmaら(2004)が使用した棒は比較的重い金属製である。本章の実験では、静止保持時に静止モーメントに線形近似しなかった。つまり、比較的軽い棒には適合しない可能性が考えられるだろう。こうした要因の検討も課題となる。

最後に、この新モデルを用いて、新たな記述を始めることが求められる。本研究では次章(6章)で、このモデルを用いて、棒の長さ知覚の発達的变化を精神物理的側面から記述する。

第6章 不変項検知の発達的变化： 精神物理的記述

本章では、ダイナミックタッチによる長さ知覚課題実験を通して、不変項検知の発達的变化を精神物理学的に記述する。本研究のこれまでの議論との関係から、問題を整理しておこう。

第一に、5章で既に論じたように、触覚による不変項の抽出にとって探索の動きは重要な役割をはたしている (Kingma et al., 2004)。行動を変えると、達成される知覚が質的に違い、検知可能な不変項が変わると考えられる (Burton & Turvey, 1990; Carello, et al., 1996; Kingma et al., 2004)。

第二に、4章で論じたように、ダイナミックタッチによる探索は発達とともに変化する。ダイナミックタッチだけに限った話ではなく、対象の操作などでは、幼児期のごく初期から変化がみられるという (Bushnell & Boudreau, 1998; Manoel & Connolly, 1998)。

これらの2つを踏まえると、探索形態の発達に伴って、不変項の検知も発達的に変化することが予想され、興味深い検討課題となる。

6.1 分析モデル

分析に際して、静止条件とダイナミックタッチとを統合的に扱うために、本章ではKingmaら(2004)の結果を踏まえ、精神物理学関数を記述

に用いる。Kingma ら (2004) のモデルは

$$\log y = \mu + a \log I_1 + b \log M + e \quad (6.1)$$

と表現できる。ここで y は知覚された長さ, μ は切片値, a と b はそれぞれ不変項への偏回帰係数である。 $\log I_1$ と $\log M$ はどちらも独立変数である。

Kingma ら (2004) の実験の結果, 静止モーメントは振りの動きによらず検知可能と考えられ, 一方でダイナミックタッチにおいては静止モーメントに加えて最大固有値も情報として利用されていると考えられる。

したがって, 仮説としては, 静止モーメントへの回帰係数には発達差がなく, 最大固有値 (I_1) への回帰係数については, 振りによる探索が年齢とともに増え, それに相関するかたちで変化していく可能性が考えられる。そこで, 6.1 式を

$$\log y_i = \mu + \mu_i + (a + a_i) \log I_1 + (b + b_i) \log M + e_i \quad (6.2)$$

のように拡張し, 異なるグループ i を要因として検討する共分散分析モデルを考える。もしも, 不変項の検知が発達的に変化するのであれば, 年齢群別に回帰係数に差が生じるはずである。

6.2 方法

6.2.1 被験者

小学生未満の年齢の子どもたちでは, 実験デザインに難しさがあるため, 6 歳以上の子どもを対象とした。また, 大人については発達的変化がほとんど扱われていないため, できる限り多くの被験者を集められるように募集した。

Table 6.1 実験に参加した被験者の人数構成

	子ども	大学生	中 年	高齢者	合計
男性	2	5	3	4	14
女性	7	2	6	5	20
合計	9	7	9	9	34
平均年齢	9.7	23.1	43.1	73.1	
S D	1.7	1.4	9.0	6.2	
範囲	6-12	21-25	31-56	65-83	

実験に参加したのは男性14名、女性20名、合計、34名であった。小学生児童の子ども群（男性2名、女性7名：平均年齢 $9.7 \pm 1.7SD$ 歳）、大学生と大学院生を含む大学生群（男性5名、女性2名：平均年齢 $23.1 \pm 1.4SD$ 歳）、30歳から60歳までの中年群（男性3名、女性6名：平均年齢 $43.1 \pm 9.0SD$ 歳）、60歳以上の高齢者群（男性4名、女性5名：平均年齢 $73.1 \pm 6.2SD$ 歳）。質問紙で回答を得た結果、65歳の男性のみ左利きであった。

6.2.2 材料

バルサ材(比重 $0.17g/cm^3$)、ラミン材($0.66g/cm^3$)、アルミ材($2.70g/cm^3$)による3つの材質と、30、50、70、90cmの4種の長さを用意し、合計12種類の棒を用いた(Table 6.2)。それら全てについて、長さ10cm、外径2cm、内径1cm、比重が0.566のバルサ材のハンドルを末端に取り付けた。

6.2.3 手続き

被験者が立つ右側に衝立を立てて視覚を遮断し、12種類の棒を無作為に割り当て、被験者の右手に棒を手渡して長さを触覚的に探索させた。実

Table 6.2 実験で使用した棒の慣性テンソル

材質	長さ (cm)	最大固有値 (I_1) (g · cm ²)	静止モーメント (M) (g · cm)
バルサ材	30	1650.6	126.8
	50	6012.4	233.6
	70	15714.8	393.8
	90	32894.3	607.4
ラミン材	30	5114.9	299.9
	50	22048.8	714.6
	70	59717.1	1336.7
	90	126414.0	2166.0
アルミ材	30	19537.9	1020.9
	50	88812.6	2717.4
	70	242910.0	5262.1
	90	515760.0	8655.0

注：Kingma et al. (2004) に従い，静止モーメントの単位は g · cm とした。

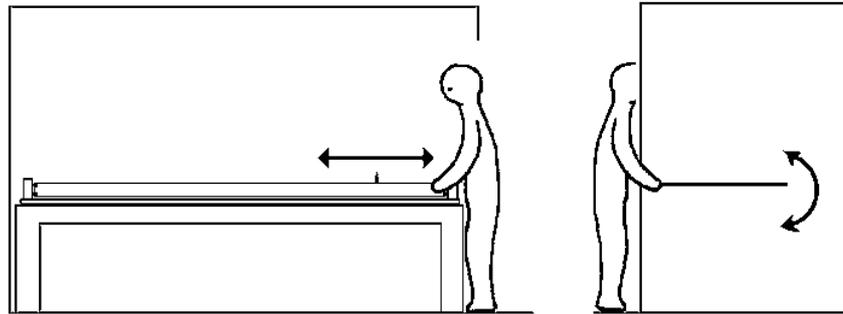


Figure 6.1 実験場面模式図

験課題においては、床や衝立には棒が触れないように教示を与えた以外は、動きを制限せず自由に長さを探させた。制限時間は設定せず、試行中はフィードバックは与えなかった (Figure 6.1)。

6.2.4 行動の分析

棒を振るの手の動きを中心に、探索の動きを8ミリビデオカメラで録画し、被験者別に観察した。棒を持つ右手首の方向に対して、縦に振る動きを「縦振り」、横に振る動きを「横振り」、さらに「回転」、「その他」にカテゴリ分けし、1-0コーディングによって試行毎に記録した。振りについては、一回以上の明らかな振幅があった場合に記録し、揺れの動きは振りとはみなさなかった。

6.2.5 長さ知覚の分析

分析データは12試行×34被験者で、408標本である。それら全ての報告を対数化して基準変数とした。

分析モデルは6.2式の共分散分析に基づき、最大固有値 (I_1) と静止モーメント (M) はどちらも非確率変数 (定数) の共変量、すなわち独立変数とした。 i は年齢群を示し (1:子ども群, 2:大学生群, 3:中年群, 4:高齢者

群), μ は切片値の平均, μ_i は年齢群別の切片値である。

さらに振りの影響を分析するため, カテゴリ分類された振りの有無を要因として加えることを検討した。ただし, 全てを含めることは困難であり, 再計算などの試行錯誤し, 最終的には「縦振りの有無」を要因として加えた。

$$\begin{aligned} \log y_{ij} = & \mu + \mu_i + v_j \\ & + (a + a_i + m_j) \log I_1 \\ & + (b + b_i + n_j) \log M + e_{ij} \end{aligned} \quad (6.3)$$

ここで, j は観察された縦振りの有無 ($j = 0$, 縦振り無し; $j = 1$, 縦振り有り) を意味する。さらに, 被験者を変量効果におくことで, 共分散分析モデルは最終的に

$$\begin{aligned} \log y_{ijk} = & \mu + \mu_i + v_j + \alpha_{k(i)} \\ & + (a + a_i + m_j + \beta_{k(i)}) \log I_1 \\ & + (b + b_i + n_j + \gamma_{k(i)}) \log M + e_{ijk} \end{aligned} \quad (6.4)$$

となった。 α は切片, β と γ は各被験者の回帰係数であり, k は年齢群にネストした被験者の番号を表す。

制限最尤法によりパラメータを推定したが, モデルは適切に収束しなかった。原因として, 変量効果の交互作用の分散が小さいことが考えられたため, 「被験者 × 最大固有値」(式 6.4 中の $\beta_{k(i)}$) と 「被験者 × 静止モーメント」(式 6.4 中の $\gamma_{k(i)}$) の両交互作用項を除外したモデルをひとつずつ計算した。それらはいずれも収束したが, 説明率の大きさを比較して前者の項を除外したモデルを採用した。

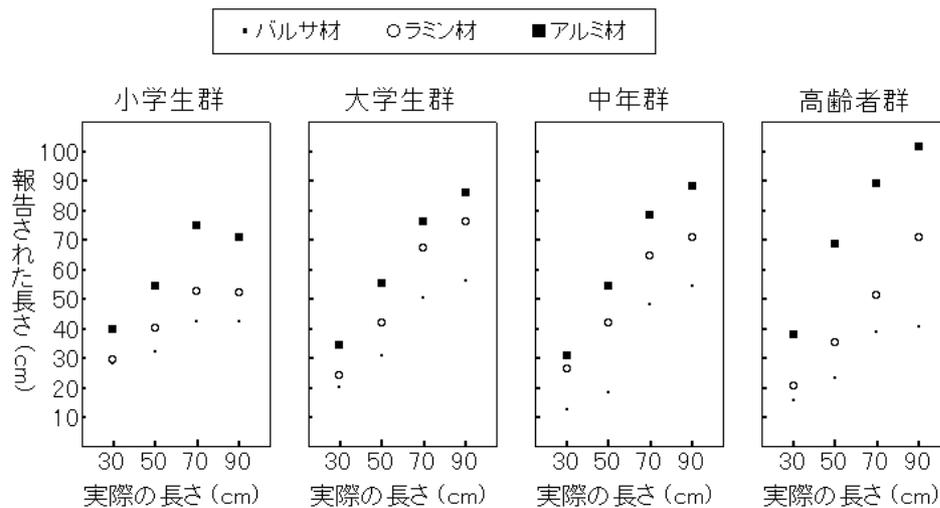


Figure 6.2 4つの年齢群の知覚報告結果

6.3 結果

6.3.1 知覚された長さ

知覚された長さの平均値を、各年齢群別に、実際の長さとの関係で図示した (Figure 6.2)。全ての群で、実際の棒の長さに従って知覚量が増え、また比重の高い棒は軽い棒よりも長く知覚されている。

6.3.2 年齢群別の振りの生起率

全 12 試行中の割合として振りの生起率を個々の被験者について、計算した。同様に、縦振り、横振り、回転、その他の動きについても計算した (Table 6.3)。大学生群が最も高い割合で、子ども群が低い。中年群は大学生群に比べてやや低く、高齢群ではさらに低くなっている。これらのうち、縦振り、横振り、回転、その他の振りの率を従属変数として、多変量分散分析によって検定した結果、年齢群間の差は有意でなかった ($F(12, 71.8) = 1.58, p > 0.10; Wilks' s\Lambda = 0.54, \eta_p = 0.19$)。

Table 6.3 各年齢群における振りの出現割合の分布

振りの割合		年齢群			
		子ども	大学生	中 年	高齢者
振りの有無	< 25%	7	0	1	0
	25 – 75%	0	0	1	5
	> 75%	2	7	7	4
縦振り	< 25%	6	0	2	2
	25 – 75%	1	1	1	4
	> 75%	2	6	6	3
横振り	< 25%	8	6	8	9
	25 – 75%	1	1	0	0
	> 75%	0	0	1	0
回 転	< 25%	9	6	9	9
	25 – 75%	0	1	0	0
	> 75%	0	0	0	0
その他	< 25%	9	7	7	9
	25 – 75%	0	0	2	0
	> 75%	0	0	0	0

注：全12試行中での振りの生起率をカテゴリ別にそれぞれ計算し、各群別に度数分布を示した。

Table 6.4 各年齢群別の主要な推定パラメータ

	切片値	回帰係数	
		$\log I_1$	$\log M$
平均	0.40	0.46	-0.21
子ども	1.83	0.17	0.02
大学生	0.25	0.69	-0.53
中年	-0.31	0.64	-0.39
高齢者	-0.15	0.33	0.06
縦振り無	0.42	0.36	-0.06
縦振り有	0.38	0.56	-0.36

注：表中の切片値と2つの回帰係数は
 $y = \exp(\mu) I_1^a \cdot M^b$
 式の μ, a, b にそれぞれ対応している。

6.3.3 不変項の検知

共分散分析の結果，全分散の85%の説明率が得られた。最大固有値 (I_1) への回帰係数は0.46 ($F(1, 333) = 144.35, p < 0.001, d = 0.15$)，静止モーメントへ (M) への回帰係数は-0.21 ($F(1, 30) = 14.76, p < 0.001, d = 0.10$) で共に有意であった。年齢群の主効果 ($F(3, 30) = 6.29, p < 0.01, d = 0.15$)，年齢群 × 最大固有値 ($F(3, 333) = 9.15, p < 0.001, d = 0.07$)，年齢群 × 静止モーメント (M) ($F(3, 30) = 6.33, p < 0.01, d = 0.11$) がそれぞれ有意であった (Table 6.4・6.5)。

Table 6.5 分散分析表

効果	自由度	F 値	P 値	d	power
年齢群	3 30	6.29	< 0.01 **	0.11	0.15
log I_1	1 333	144.35	< 0.001 ***	0.15	1.00
log M	1 30	14.76	< 0.001 ***	0.10	0.20
年齢群 × log I_1	3 333	9.15	< 0.001 ***	0.07	1.00
年齢群 × log M	3 30	6.33	< 0.01 **	0.11	0.15
縦振り	1 333	0.02	n.s.	< 0.01	0.05
縦振り × log I_1	1 333	6.05	< 0.05 *	0.03	0.69
縦振り × log M	1 333	6.94	< 0.01 **	0.03	0.75
(変量効果)					
被験者	30 30			0.35	0.34
被験者 × log I_1		除外した項			
被験者 × log M	30 333			0.16	1.00

注：フルモデルは収束しなかったため，変量効果である交互作用項（被験者 × log I_1 ）を削除して再計算した。分母の自由度が一部異なっているのはそのためである。なお，パラメータの推定には制限最尤法を用いているため，変量効果の検定はない。

縦振りと最大固有値 (I_1) の効果が有意であった ($F(1, 333) = 6.05, p < 0.05, d = 0.03$)。縦振りが生じた試行においては，回帰係数が 0.10 増えることが示された。これは，縦振りがない試行は逆に回帰係数の値が 0.10 減ることを意味する。縦振りと静止モーメントの交互作用も有意であり ($F(1, 333) = 6.94, p < 0.01, d = 0.03$)，縦振りが生じた試行においては，静止モーメントへの回帰係数が 0.15 下がることを示された。変量効果については，分散成分を求めた。被験者要因は $1.005 \pm 0.356SE$ (全体の 92.34%)，被験者 × 静止モーメントは $0.017 \pm 0.006SE$ (1.53%)，残差は 0.067 (6.14%) であった。

6.4 考 察

棒の長さ知覚課題による実験の結果から，不変項検知の発達的变化を定量的に表現することができた。エフェクトサイズは決して大きいとはいえないが (Table 6.5)，Rossi(1997) によれば，探索的研究においてそうしたケースは多く，発見的段階においてはむしろ，その結果が理論的に重要であるかどうかのポイントになるという。

第一に，年齢群間で最大固有値 (I_1) と静止モーメント (M) に差がみられた。大学生群は他の群と比べても，どちらの回帰係数の値も高く，また報告された長さは，実際の棒の長さに近い関係であった。中年群が大学生群に近く，高齢者群へと移るにつれて，静止モーメント (M) への回帰係数の値が小さくなっている。

また，子ども群でどちらも回帰係数の値も低く，また切片値も高かった。このことは，報告におけるランダム変動が大きいことが示唆され (Stevens & Guirao, 1964)，つまりは，長さの弁別がはっきりしていない可能性も考えられる。いずれにせよ，他の成人群と同じようには，不変項を利用しているわけではないと思われる。そうだとすれば，子どもの頃から慣性テンソルは検知可能とする Kloos & Amazeen (2002) による結果とは異なる結果が示されたといえるだろう。個人差が大きいことを考慮しても，各年齢群の間には質的な違いが存在するようである。

6.4.1 振りによる探索

第二に，振りによる探索の違いが，知覚報告と関連することが示された。子どもから大人への移行期に振りの生起率が増えていると解釈できること，また試行内における縦振りの効果があったこと，これらの発見は，本研究が想定していたダイナミックタッチの発達の全体像とつなが

るものである。

これらを総合すると、振りによる探索は棒の長さ知覚において、静止保持するときとは異なる情報を抽出可能とし、発達的にはそれによる探索が増える。ただし、高齢期まで振りによる探索が続くわけではないとすれば、その点については今後の検討が待たれる。

6.4.2 偏回帰係数の解釈

最後に、最大固有値 (I_1) と静止モーメント (M) への偏回帰係数について触れる。理論的には、静止モーメントは振りの動きとは関係なく検知可能で、最大固有値 (I_1) は振りの動きに依存する。したがって、前者は年齢群間で変わらず、後者への回帰係数が発達的に変化することが予想された。

ところが、結果はむしろ逆であった。静止モーメントへの回帰係数は年齢群間で異なり、大学生群と中年群で高く、子ども群と高齢者群では低かった。そして、最大固有値 (I_1) の回帰係数のほうが、群によらず比較的安定していたといえる。

これについて、順に考えよう。まず、Kingma ら (2004) との実験手続きの違いを考えておく必要がある。本章の実験では、材料として用いた棒が全体的に軽い。また、アームレストを使っていない。そのため、棒を保持時したときに揺れの動きが生じたことが考えられる。そして、その揺れの動きによって、最大固有値が抽出されていた可能性が十分考えられる。

5章の実験1も、(Kingma ら, 2004 に比べて) 軽い材質の棒を用い、アームレストを使っていない点で、今回の実験手続きとほとんど同じであり、また事後的ではあったが、最大固有値 (I_1) の効果も確認された。したがって、今回の結果と併せると、知覚者が意図しない場合であって

も、揺れの動きは回転質量を発生させ、知覚者はそれを情報として利用しているように思われる。

大学生群と中年群で静止モーメントへの回帰係数の値が（絶対値として）高く、また、静止モーメントへの偏回帰係数の値が負であることについては、従来の慣性テンソルモデルと似ている。恐らく、これら両方の力学的不変項がどちらも利用されているためであろう。

本章で得られた結果を次のようにまとめた。

1. 振りによる探索がある場合とない場合とでは、検知可能な不変項が違ってくる。
2. 振りによる探索は静止モーメント (M) と最大固有値 (I_1) をどちらも情報として利用できる。
3. これらの力学的不変項の検知は、発達的に変化する。

以上、ここまで知覚の量的側面から検討を行ってきた。次章からは、知覚の質的側面に焦点を当てた検討をおこなう。

第7章 知覚における確信度変化 への現象学的アプローチ

7.1 確かさの感触

自らが達成した知覚について、我々はある種の確かさを感じることができる。このことは、未知の対象に触れ、探索を続ける際にも深く関係しているのではないだろうか。しかし、確かさとは一体、どのような過程と共に形成されるのだろうか。本章では、ダイナミックタッチによる棒の長さ知覚課題の実験を通して、確信の程度を報告させ、それを探索行為との関係で捉えることを目的とし、探索的に検討をおこなう。

知覚研究において、確信の構造に関する問題は確信度と呼ばれる概念とともに検討されてきた。確信度とは、自らの報告する知覚についての確信の程度を意味する概念として、古くは Peirce & Jastrow (1884) にまで遡り、知覚の2次的な感覚として、いわゆる知覚の量的側面とは区別されて定義され、以後百年以上たった現在でも研究が続けられている (Branski & Petrusic, 1994; Björkman, Juslin, & Winman, 1993; Juslin, Winman, & Persson, 1995; Juslin & Olsson, 1997; Keren, 1988, 1991; Olsson, & Winman, 1996)。

ところが、これまでの知覚の確信度研究においては、確信度の高低について考察可能な結果が示されてはいるものの、確信の生成的側面は、意外にも全くといっていい程扱われてこなかった。

それらの先行研究を概観すると、実験において被験者に対して重さの

異なる錘や長さの異なる線分などの対刺激を提示し、大小を比較させるといった感覚弁別 (sensory discrimination) 課題が用いられる。被験者には、刺激の大小を判断させ、同時に確信の程度を 50 % から 100 % までの間で報告させる。この手続きは、全く自信がない場合でも偶然確率で正答する可能性が 50 % であるため、これを下限としていることによる。

その結果、弁別の客観的正確性と主観的報告としての確信度が、相関する関係にはあるが完全には一致しないこと、さらに認知課題や一般知識課題とは異なり、実際の正答率に比べて確信が過小評価される傾向にあることが示されている (Juslin, Winman, & Persson, 1995; Juslin & Olsson, 1997; Keren, 1988, 1991; Olsson, & Winman, 1996)。つまり、先行研究の興味は知覚報告の客観的な正確性と主観的な確信度との整合性、もしくは条件を変えたときの、被験者の反応の違いにある。

ただし、先行研究から明らかにされた知見は、確信を生じさせる構造の解明につながっているわけではなく、課題の難易度の議論に置き換えられているため、注意が必要である。弁別課題においては基本的に、確信度報告の難易度は対刺激の物理量の差によって決まることが前提とされ、それは確かに疑えない。例えば、2つの線分の長短を弁別する際には線分の長さの比(差)が、2つの錘の重さを比べる場合には重さの比(差)について、対刺激の物理量の差を小さくすれば弁別が難しくなり、結果として報告される確信度は低くなることも示されている。これらの経験については、ノイズの中から信号を取り出すというアイデアにもとづいて、Thurstone (1927) によって感覚弁別の理論的枠組みが体系化されて以後、科学的な探究のアプローチには全く変化がみられない。

しかしながら、こうした知覚の問題を考える場合には、達成される知覚が知覚者との関係性において顕在化する性質を持つことを考慮する必

要があろう。換言すれば、達成される知覚は、知覚する者のものの見方（広義には、接触対象への関わり方）に大きく依存するということである。ここでは、知覚が物理量の大小と無関係で決まる単なる主観的事象であると主張しているのではない。

この主張をよりわかりやすくするため、以下に、ダイナミックタッチによる触知覚の例を取り上げ、議論を進めていく。Burton & Turvey (1990) は、手で振って棒の長さを探査する状況と、その反対に動きを制限した静止保持の状況という2つの場合を設定し、達成される知覚を比較検討した。その結果、ダイナミックタッチによる探査に比べて、静止保持時には重くて短い棒が比較的長く、軽い材質で長い棒が短く感じられることが示された。また後続の研究においても、その知見は支持されている (Carello, Santana, & Burton, 1996)。

ここでのポイントは、知覚者にとってのリアリティーが、対象の物理的性質だけによって決定されるのではなく、知覚者の探査の動きに大きく依存するということである。言い換えれば、利用できるアフォーダンス情報は、対象への関わりかたに依存すると考えることができる。

なお、アフォーダンスはGibsonの造語であり、彼はK. Lewinによる誘発性 (valence) の概念などとの決定的な違いとして「ある対象のアフォーダンスは、観察者の要求が変化しても変化しない (Gibson, 1979/1985)」と述べている。すなわち、アフォーダンスは知覚者の要求によっては変化しない存在として概念化されている。ただし、ここでは知覚者の位置から観測するとき、知覚者にとって、その都度知覚されるリアリティーは、探査の動きによって違ってくると指摘している。

改めて確認すると、最初に問題として挙げたことは、知覚者は何を以て確信するようになるのか、ということであった。これまでの研究にお

いては、課題の正解は知覚者とは無関係に対象物の客観的な物理量（例えば、棒の重さ）によってあらかじめ決定されていた。しかし、達成される知覚が、知覚者と対象の関係性の物理量で決まるならば、知覚者にとって感じられるリアリティー（広義には正解・不正解の判断も含まれる）は知覚者の動きかたに依存するため、そもそも客観的に定義可能な正解と常に一致するとは限らないことになる。したがって、知覚における確信の生成構造を扱うためには、そうした知覚した情報の変化に対する気づきが、探索の動きに変化が生じたときに、どのように表れるかという観点からアプローチする必要がある。

こうした問題を考えるにあたり、知覚と行為が繰り返されるプロセスについて、三嶋（1996）によってなされたひものアフォーダンスの知覚実験が参考になる。それによれば、直接には見えない状態で吊るされたひもの下端を手で持ち、上端の位置を知覚しようとする際に、手による探索は様々な形態をみせるという。ここで重要なことは、課題の繰り返しとともに被験者個々人の手の動きを観察し続けると、報告結果に関するフィードバックを一切与えずとも、探索の動きが知覚達成に適した動きへと自己組織的に変化する様子が示されたことにある。もう少し詳しくいえば、いわゆる正しい答えとしての探索運動の形態に、皆が一様に収斂するのではなく、個々人の知覚・行為システムの中で、適した動きがそれぞれに形成されたのである。こうした意味においては、利用可能な情報は、経時的な変化によって差異化可能になるといえるだろう。したがって、実験を行う際には、探索形態を被験者間要因で統制しても確信度の変化を検討するのは困難と考えられ、むしろ被験者内で探索形態を変化させる計画の有効性が示唆されるといえる。

以上のことから、本研究では、探索の動きの変化として「静止保持条

件「ダイナミックタッチによる振りの探索条件」と、その逆の「ダイナミックタッチによる振りの探索条件 静止保持条件」の2つのパターンを設定した実験により、達成される知覚報告とその確信度の関係を被験者内において生じる変化として検討する。我々が意識レベルで経験している確かさの感触は、これらの運動の違いによって生じる知覚的差異とどのような関係にあるのかと問いを立てることによって、確信の生成構造に迫ることが期待される。

7.2 実験

7.2.1 方法

被験者 大学生12名を静止保持条件先行群6名、ダイナミックタッチによる探索条件先行群6名（それぞれ男女3名ずつ）にわけた。左利きは各群で1名ずつ、計2名であった。

材料 ステンレス材（比重7.900）の30.0 cm、アルミ材（2.700）の40.0 cm、ラミン材（0.660）の70.0 cm、ヒノキ材（0.395）の90.0 cmの棒を用意した。使用した棒はいずれも直径1.0cmで、末端には木製のハンドル（長さ10.0 cm、ブナ材で比重0.566、重さ13.34 g、外径2.00 cm、内径1.00 cm）を取り付け、皮膚接触によって感じられる材質の質感や、グリップの太さの要因が、知覚の報告に影響することがないように統一した。

手続き 被験者を椅子に座らせて、右手に渡す棒の長さを目で見ることなしに報告する課題であることを教示し、保持する棒が被験者に見えないように仕切りを設置した（Figure 7.1）。探索条件では棒を振って長さを知覚するように、静止保持条件では水平に保持し、できるだけ動かないように指示した。被験者を無作為に、振りによる探索条件から開

始する群と静止保持条件から開始する群にわけた。Chan(1994)にならい、棒は握力把握によって保持させ、それと同時に目の前の机に設置された装置を用い、赤いマーカーを左手で移動することで長さを表現させた。報告が終わる度に実験者がマーカーを被験者の手元に戻した。モデュラス（標準刺激）は用いず、練習試行も設けなかった。4本の棒の報告を1セッションとしてブロック化し、順は無作為化して、3セッション繰り返し測定した（計12試行）後、それぞれ探索の方法を変えて1セッション（4試行）実験課題を続けた。探索条件から実験を開始した群を探索条件先行群、静止保持条件から開始した群を静止保持条件先行群とした。制限時間は設けず、結果のフィードバックは実験が全て終了するまで与えなかった。弁別課題が用いられた従来の実験手続きでは、被験者が確信度を回答するときに、確率を指標として50%から100%という形式が採られたが、今回は正誤を設定する課題ではないため、知覚された棒の長さを報告する際に、どの程度確信を持つかを以下の7件法で、回答させた（1まったく確信がもてない 2確信がもてない 3どちらかという確信がもてない 4どちらでもない 5どちらかという確信がもてる 6確信がもてる 7かなり確信がもてる）。

7.2.2 分析方法

検討要因は、群（探索条件先行群 a_1 と静止保持条件先行群 a_2 の2群）を被験者間要因とし、探索形態（探索条件 b_1 と静止保持条件 b_2 の2つ）、棒（4種類 $r_1..r_4$ ）を被験者内要因（ $p_1..p_6$ ）とした。乱塊法の分散分析により、これらの2要因間の交互作用項までによってモデルを構成し、被験者は群要因からの枝分かれデザインによって主効果のみを变量効果と

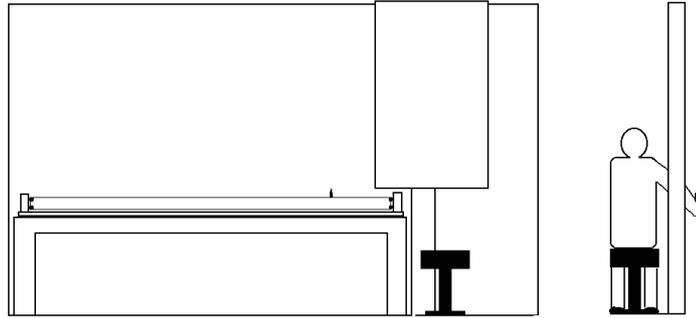


Figure 7.1 実験場面模式図

注：図左は実験場면을左側から見たときであり，図右は被験者の背後からの図である。被験者は右手に棒を保持するが，右手側は仕切りによって視覚的に遮断されている。

して扱った。ここで，構造模型は

$$y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + r_k + (ab)_{ij} + (ar)_{ik} + (br)_{jk} + p_{l(i)} + e_{ijkl} \quad (7.1)$$

である。この分析は，各要因からの影響について，個々の被験者間で共通するものと一旦仮定することを意味し，変量としての被験者間相互作用及び残差の大きさについては，分散分析モデルの説明率の高さを参照することで評価をおこなった。なお，パラメータの推定に際しては，制限付き最尤量を適用した¹。

7.3 結果

7.3.1 報告された長さ

報告された長さについて，結果を Figure 7.2 の上段に示す。モデルの適合度は $R^2 = 0.795$ であり，適合は良好であった。検定結果は，探索形態 × 棒の交互作用項が有意であり ($F(3, 169) = 9.99, p < 0.001, d = 3.264$)

¹丹後 (2002) によれば，変量モデルでは制限付き最尤推定量 (REML, restricted maximum likelihood estimator) を考えるのが自然であるという。

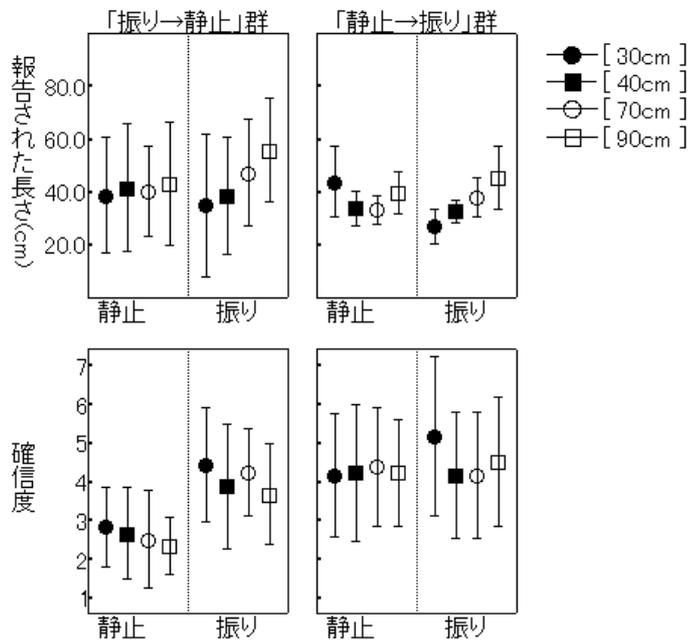


Figure 7.2 群別に示した報告された長さ と 確信度

図の上段のパネルは報告された棒の長さ，下段は確信度について，それぞれ示している。また，左側は静止保持条件から棒を振って探索する条件へ移行した群を，対して右側は逆の順序で実験を行った群を表す。

), すなわち探索条件時において実際の長さとの対応関係が良いこと，静止保持条件時には実際の長さとの対応関係が悪いことが示された。棒の主効果も有意であったが ($F(3, 169) = 15.10, p < 0.001, d = 4.013$)，低次の効果は高次の項に含まれるため，先の交互作用の解釈を優先させる。

7.3.2 確信度

報告された確信度について，Figure 7.2 の下段に示した。分散分析モデルの適合度は $R^2 = 0.591$ であった。この結果からは，群 × 探索形態の効果が有意であった ($F(1, 169) = 12.92, p < 0.001, d = 0.265$)。また，探索形態の主効果が有意であったが ($F(1, 169) = 25.64, p < 0.001, d = 0.373$)。

), 先と同様の理由により交互作用の解釈を優先させる。交互作用については, 群別もしくは探索形態別の下位検定が考えられるが, 本研究はあくまでも探索形態の移行にともなう確信度変化に焦点をあてているため, 群別の違いに注目して単純主効果の検定をおこなった。

結果は, 静止保持条件先行群における変化(平均 3.75 から 4.00 への微増)が有意なのではなく($F(1, 169) = 1.08, n.s., d = 0.077$), 探索条件先行群の変化(平均 3.56 から 2.08 への低下)のみが有意であったことが示された($F(1, 169) = 37.48, p < 0.001, d = 0.451$)。すなわち, 探索条件先行群の確信度が静止保持へ移行するときに低下すると解釈可能である。

また, 確信度について, 被験者内の変化として捉えずに, 被験者間計画で 2 つの探索形態間の差異を比較した場合について, 差がみられていたかどうかを確認した。静止保持条件先行群の静止保持時の確信度(平均 3.75)と, 探索条件先行群の振りによる探索時の確信度(平均 3.56)について, 最小二乗平均による対比をおこなったところ, これらの差は有意でなかった($F(1, 169) = 0.08, n.s., d = 0.021$)。

7.4 考 察

実験結果より, ダイナミックタッチにより棒を振って長さを探るときに達成される知覚が, 実際の長さの関わりに相関すること, それに対して棒を止めて静止保持しようとするときには実際の長さとは相関しないことが, 両群を通じて確認された。振りによる探索は静止保持に比べて, 実際の長さを知覚する目的において優れていると判断できる。前者は後者と比較して, より高次の不変項(情報)を抽出可能とする可能性も示唆された。

確信度は、探索形態を移行する前には群間の差がみられなかった。また振りから静止保持への移行時において低下がみられた。すなわち、棒の長さという情報抽出に優れた探索としてのダイナミックタッチから、より劣った探索形態である静止保持に移行することによって、後者においては長さを確信をもって正確に感じられないという感触が生起し、確信度が低下したと考えられる。

さらに、これらは知覚報告に関する結果を被験者にフィードバックした結果ではないことにも注目すべきである。行為者が動きの中で知覚する意味や価値が、確信度の変化の基礎として働いているということが示されたといえよう。

しかし一方で、静止保持から振りへの移行時において、確信度が高くなったわけではなかった。物理的に記述する限り、両群の静止保持条件の結果は変わらないはずであり、この結果については解釈が困難である。

ここでは解釈の手がかりとして、河本(2000, 2001a, 2001b)が論じている相即という概念を挙げてみる。河本(2000)によれば相即とは、行為と、行為の際に察知されている環境との間の「隙間のなさ」のことを意味する。ただし、「相即は意識の事実ではない(河本, 2001a)」とされ、それは、断ち切られることによって、後から、はじめて気づくことができる性質をもつ。

河本(2001b)によれば、「経験がそれじたい変化するさい、経験は現に遂行されている。遂行されつつある経験を行っているとき、意識はその遂行される経験の全貌を捉えることはできず、またつねにそこから遅れてしまう」(河本, 2001b)という。さらに「遂行的経験は、意識とりわけ自己意識がそれに対してつねに既に遅すぎるものとしてある」(河本, 2001b)。

この観点から今回の結果を解釈するなら、静止保持から振りによる探索への移行時においては、被験者の知覚と行為はスムーズに進行したため相即が断ち切られることはなく、したがって変化は意識化されることがなく、それに対して振りによる探索条件から静止保持への移行する場合においては、「不確かな感じ」が明瞭に意識化され、相即の断絶がもたらされたという一つの解釈可能性が与えられる。ただし、現時点の結果だけからでは、これらが実証されたわけではないため、これ以上の議論は今後の課題として残されたと考えたい。

いずれにしても、両群における決定的な違いは探索形態の順序にあることから、知覚研究を行う場合においては、動きの形成プロセスを無視することができないといえよう。メルロ＝ポンティ(1945/1988)が論じたように、知覚が客観と主観の両義性から成り、それらは一致しないのが常であり、さらには、文脈によってその形が決定されていくものであることは、以前から指摘されてきた。また最近では、下條(1999)が来歴という術語でそれを表現しているように、個々の知覚者がどのような経緯を経て、今現在の知覚を体験しているのか、といった視点の必要性が改めて確認されたといえよう。

知覚の確信度に関するこれまでの研究は、被験者内で変化するであろう探索の動きや知覚量について扱ってこなかった。従来の実験手続きは、弁別課題自体が不適切だったわけではないが、それらのより根本的な問題は、知覚を「感覚」の問題として扱う傾向が強いため、知覚者と対象との「関係性」として記述される側面を捨象していたことにあつたといえよう。

課題の制限時間やフィードバックの有無を調整して、報告に及ぼす影響を検討すれば、確かに結果は変化する。しかし、課題の制限時間やフィー

ドバックの操作は、あくまでも被験者にとっての外圧を変化させているのであって、これらの手続きと知覚の本質的な構造を捉えることとは、また別の問題であるだろう。

今回の実験では、振って対象を知覚する探索を止めたことが、確信度の消失をもたらすことしか観測されなかったが、確かさの感触を産み出すのは対象への関わりの発生または増加と考えられるだろう。したがって、知覚の確信度に関する今後の研究は、個々人の来歴の違いも考慮して、扱う必要があるだろう。

本研究の結果からは、知覚者は、利用できるアフォーダンス情報の変化と無関係に自らの知覚を客観化することは難しいと考えられた。したがって、焦点化すべきことは、探索の動きやそれにより達成される知覚などの「関係性とその変化」であり、それを基本的な「単位」として考えることが重要といえよう。知覚者は対象への関わりかたに差異を産み出す過程で、自らの知覚に対するより妥当な評価を下せるようになり、ある特定の探索のしかたに収斂していくのではないだろうか。このことから、今後提起可能な視点として、異質な探索形態を多様に産み出せる個体のほうが、自らの知覚経験をより相対化、客観化し、状況や目的に応じてより優れた判断ができる可能性が示唆されたといえるだろう。

第8章 恒常性への実験現象学的アプローチ

8.1 ダイナミックタッチの恒常性

本章では、ダイナミックタッチの恒常性と呼ばれる現象を扱う。それは保持している対象(剛体)を振ることで手にかかる負荷は変化し続ける一方で、それが伸びたり縮んだりするようには感じない知覚経験を指している(Pagano, Fitzpatrick, & Turvey, 1993; Turvey, 1996/2001)。

この現象についての従来の生態心理学の検討は、知覚の量的側面に関する精神物理学的分析が主であった。ところがそのために、振りによる探索時に手から得られる感触などの知覚の質的側面は扱われず、結果的に経験と乖離した知見が導かれているのが現状である。本研究は、従来の議論を批判的に検討し、振りによる探索の動きが棒の長さ知覚に与える影響を明らかにする。

8.1.1 慣性テンソルモデルによる説明

Paganoら(1993)の棒の長さ知覚課題の実験では、棒を振る際の被験者の振り方について、手首、肘、肩のみで動かすそれぞれの振り方、及び制限のない自由な振り方の4つを設定し、それぞれの振りかたで棒の長さを報告させた。その結果、知覚される棒の長さにはほとんど違いがないことが示された。

Paganoら(1993)やTurvey(1996/2001)によれば、この結果はGibson

の不変項抽出理論から説明される。まず，探索における振りの動きはひとつの回転運動として扱われ，ここでの可変項は，振りのスピードなどと共に変わる「トルク」と呼ばれる負荷量とされる。それに対して，ここでの想定される不変項は，慣性テンソルとなる。対象の長さが「変わらないものとして知覚される」のは，動きと独立に定義できる慣性テンソルが知覚者に直接的に知覚されているためと考えられる。

そして，Paganoら(1993)は，知覚される長さが手首の位置(さらには腕の末端部)で計算される慣性テンソルの関数として表現されるモデルを提示し，Turvey(1996/2001)はこの結果をレビューする中で，「自由に腕全体を使って物を振るときや，肩や腕のどちらか一方の関節で振るときの知覚が，手首だけで物を振るときの知覚とまったく同じであるということを確認した」¹と述べている。

以上のように，慣性テンソルモデルは新たな視点として，恒常性の知覚における変化と不変の両側面について，「振ったときに変化する負荷量」と「振っても変わらない抵抗の大きさ」というように，力学的な理解を可能にしている。

8.1.2 経験世界としての現象

しかしながら，ここにいくつかの根本的問題がある。Turvey(1996/2001)は「あらゆる場合に，手首のところでの物の慣性テンソルが，知覚される物体の長さを規定している」(三嶋 訳)²という。

要するに，どのように振りかたを変えても，知覚者は慣性テンソルと

¹原文は以下：Pagano, Fitzpatrick, and Turvey (1993) tested and confirmed the notion that in free wielding, and in wielding singly about the shoulder and elbow, perception is exactly the same as it is in wielding only about the wrist (Turvey, 1996).

²原文は以下：In all the cases, the object's inertia tensor about the wrist dictated the object's perceived length (Turvey, 1996).

いう不変項を抽出するため，知覚される長さはまったく同じということだ。これを不変仮説と呼ぼう。

果たして不変仮説は成立するだろうか。Turvey(1996/2001)は鉛筆を振る例を挙げており，これについて考えてみたい。鉛筆を手に持って振ってみると，確かに，振りかたを変えても鉛筆が伸びたり縮んだりするようには感じられない。

しかし例えば，対象である鉛筆の長さを「より正確に知ろう」とする状況を考えてみてはどうだろうか。より正確にするために，様々な振りかたを試すことができる。実際に，縦に振ったり，横に振ったり，持ち方を色々と変えてみたり，様々に試してみるとわかるが，鉛筆大の対象を保持しているときには，持ち方を工夫し，指先の先端を使って振るときに，他の振りかたよりも知覚できているという印象が得られるように思われる(少なくとも，しっかりと握り，肩の関節だけを使って振るような人はいないだろう)。

不変仮説のように，「自由に腕全体を使って物を振るときや，肩や腕のどちらか一方の関節で振るときの知覚が，手首だけで物を振るときの知覚とまったく同じ」(Pagano, Fitzpatrick, & Turvey, 1993; Turvey, 1996/2001)で，振りかたを変えても「長さが完全に安定している」(Turvey, 1996/2001)というならば，工夫して探索することなどは，全くの無意味，時間の無駄と考えざるを得ない。

8.1.3 認識枠組みの再考

「慣性テンソルが知覚される物体の長さを規定する」(Turvey, 1996/2001)というのは，既に完了した事態を「測度世界」(松野, 1999, 2001a, 2001b)の中だけで扱う外部記述者の弁であろう。これは感触の質的な違いを捨象した後にしか，成り立たないはずである。

既に第二章で論じたように、結果を遡及的に語る精神物理学のパラダイムが産み出してしまふ盲点であろう。これまでのダイナミックタッチ研究は、外部記述に過度に依存し、経験世界の内部記述を避けてきたといっても過言ではない。この盲点を超克すべく、ここでは Gibson(1966) が自らの生態心理学の先駆的存在と認める Katz の研究と方法論に注目してみたい。

8.1.4 Katz の実験現象学：生態心理学の先駆

Katz のアプローチは実験現象学 (Experimental phenomenology) として知られるが、その特徴は、「見え方の記述に徹していること」、言い換えれば「見え方(即ち、知覚)の原因(即ち、生理的機構)を問題にしていないこと」(境・曾我・小松, 2002) ということができる。

また、東山・岩切(2003)によれば、「実験現象学には、電気器具の取り扱いやパック旅行の案内のように、決まった取り決めや手続きがあるわけではない。むしろ、研究のマニュアル化を拒否した態度、当然のこととして受け入れられてきた事実や理論の基礎部分を実験的に見直す態度が実験現象学なのである」という。

以下、色彩の恒常性について、実験現象学的な検討をおこなった Katz(1930, 1948/1962) のアプローチを紹介する。色彩の恒常性とは、照明が多少変わっても対象に帰属される色が同じ色として変わらずに知覚される現象のことを指しており、村田(2002)によってわかりやすく紹介されているため、以下、抜粋する。

例えば、カッツは次のような「実験」について語っている (Katz, 1930, 110f)。被験者に対して、白から灰色を介して黒に至る無彩色の色見本の系列を示し、そのなかからひとつの色見本

を取り出して、その特徴を言語的な仕方で性格づけるようにもとめる。この実験を、夏の日 of 午後に、一時間の間隔をあけてくり返してみる。すると、物理的には、明るさは例えば、5分の1になるという具合に変化しているにもかかわらず、被験者はそのような違いに気づくことはなく、同じ仕方で色見本を特定する。こうした「実験」結果に基づくと、色彩の恒常性は完璧なもののように思われるかもしれないが、カツツにいわせると、それはこの「実験」の単純さに基づくのである。それに対して、異なった照明のもとにある色彩を比較するという注意深い方法(カツツは右の「絶対的」方法に対して、これを「比較による」方法と呼ぶ)を採ると、照明の違いは消去されていないことが明らかとなる。

すなわち、「色彩の恒常性とは、照明の変化にも拘らず変化しない色彩を見る経験ではなく、むしろ照明とともに色彩が『変様』³するありさまを見る経験」(村田, 2002)であって「むしろ、変化があるからこそ、その変化を通して、あるいは、変化のなかで同一性が見て取られることが可能になるのであり、この点にこそ『恒常性』の基本があるということになる」(村田, 2002)。

知覚の恒常性とは、知覚対象に帰属される性質が維持され、変わらないという経験を指しているが、そこで同時に得られる情報が一定のしかたで変化していることを忘れることはできない。そもそも恒常性が完璧な同一性のことを指しているのであれば、それはもはや恒常などと呼ぶ必要さえもなく、村田(2002)がいうように語義矛盾なのである。

こうした経験に立ち戻ると、知覚の恒常性現象を力学の枠組みだけで

³Katz(1930)は表面色の変化のあり方を色彩の「変様」(Modifikation)という言葉で表した(村田, 2002)。

記述し尽くすことは原理的に不可能なことが理解される。知覚者の内側に視点を移した「内部記述」(松野, 1999, 2001a, 2001b)が必要になるといえよう。

8.1.5 方法論の改良

以上に論じたように, 不変仮説が抱える問題点は精神物理学的手法への偏重と無反省に由来すると考えられる。そこで, 本研究は2つの方法を用いて記述をおこなう。

慣性テンソルモデルの有効活用

ダイナミックタッチの恒常性を理解する上で精神物理学の枠組みに独自の強力な記述力があることはこれまでの先行研究の成果をみても明らかである。重要なことは方法論の長所を十全に活かした有効な分析をおこなうことである。

慣性テンソルモデルを有効に活用する方法については, 既に3章で論じた。本研究は, 共分散分析を用いることで, 分析に伴う問題点を解決し, 材質の異なる棒を用意し, 振りかたを変えた時の影響を定量的に測定する。

比較による方法へ

同時に, これまでの定量的な測定のみに依拠せず, 立ち現れる現象としてダイナミックタッチの恒常性を記述する。

振りかたを変えても, 達成される知覚にはほとんど違いがないことに強調点をおく Pagano ら (1993) の方法は, Katz(1930) によれば, 同一性を明らかにするための「絶対的」方法に区分される。こうした実験方法の単純さから導かれた同一性からは, 変様のあり方は明らかにできない。

本研究は, Katz(1930) のアプローチを参考にし, 実験では「比較によ

る」方法を採用。具体的には、棒の長さ探索時の振りを試行内で変え、そこでの経験的变化を比較させる手続きを採用。振り方については、Paganoら(1993)に習い、手首、肘、肩、自由の4種類を用意する。これらの制限付きの振りは不自然であることには違いないが、今回の研究目的に照らし合わせれば、ひとつの方法としての有効であると考えられるだろう。

8.2 実験

本研究は、従来の「振り方に依らず、長さ知覚は変わらない」というPaganoら(1993)の説を相対化し、それへの批判的検討として、振り方を変えたときに生じる変様のあり方を明らかにすることで、ダイナミックタッチの恒常性について、理解を深める。

8.2.1 予備実験

本研究の目的に合致した実験計画の実現に向けて、予備実験を重ねた。特に、目的に適した実験材料の選定と手続きの改良に焦点をあわせた。実験に参加したのは筆者本人を含めて、男子学生4名であった。

ダイナミックタッチによる棒の長さ知覚課題を設定し、被験者の右手に実験者が用意した棒を手渡し、仕切りで直接見ることができないようにした(Figure 8.1)。先行研究(Pagano et al., 1993)にならい、探索時の振りかたとして、「肩のみを用いて振る」、同様に「肘のみで振る」、「手首のみで振る」という振りかたと、それに加えて制約がない「自由な振りかた」を用意した。「比較による」方法を採用し、同一試行内で振りかたを変化させた。

被験者には、正面のテーブルにおかれた長さ報告用の装置を用いて、左手で赤いマーカーを移動して長さを報告させ、同時に振っているときに得られた感触を可能な限り、言語報告するように指示した。予備実

験の結果から以下の点について改良した。

第一に、Paganoら(1993)のように関節を物理的に固定すると、動きの不自然さが障害になるおそれがあり、これを避け、できるだけ動かさないように意識化する程度とした。同様の観点から、座位による課題から立位による課題へと手続きを変更した。また、Katz(1925/2003)が指摘しているように、実験中の疲労が強くなると、得られる感触の違いも不明瞭になり、同時にモチベーションも下がるため、試行内で振りかたの変化回数を増やすのではなく、全試行数を増やして振りかたの変化回数は1回とし、手を休めている時間を増やした。

第二に、重すぎる材質(ステンレス材、比重7.90)や軽すぎる材質(バルサ材、比重約0.18)の棒は、振りかた以前に感触が違いため、除外した。一方で、重回帰分析時に多重共線性が生じないようにラミン材とアルミ材は同時に使用することにした。

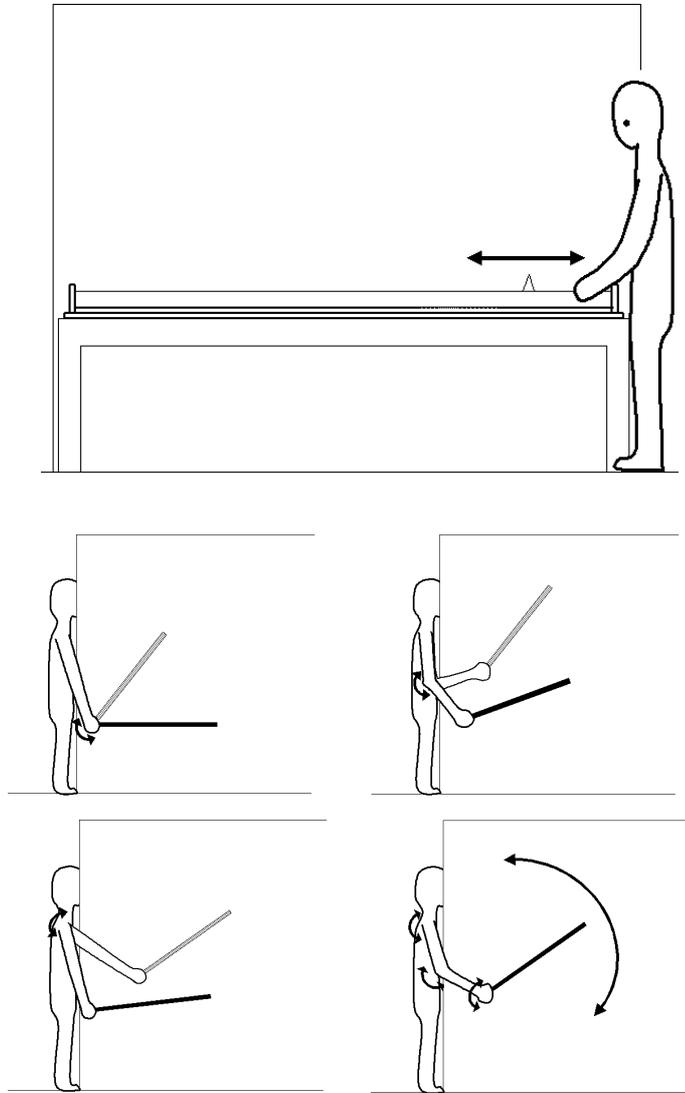


Figure 8.1 実験場面模式図

注：最上部の図は実験場面を左側から描いたもので、下の4つの図については、手首のみ(左上)、肘のみ(右上)、肩のみ(左下)を用いた振りと自由に振るとき(右下)の動きについて、被験者の右側から描いた図をそれぞれ順に示している。

Table 8.1 実験で使った棒の慣性テンソル

材質	長さ (cm)	最大固有値 (I_1) (g · cm ²)	最小固有値 (I_3) (g · cm ²)
ラミン材	40	13654.1	765.7
	50	24380.8	953.0
	60	40291.1	1140.2
	70	62421.7	1327.5
	80	91809.4	1514.7
	90	129490.9	1702.0
アルミ材	40	50141.8	3080.9
	50	94023.6	3847.0
	60	159111.1	4613.0
	70	249645.5	5379.1
	80	369868.0	6145.1
	90	524019.7	6911.2

8.2.2 方法

被験者

学生 10 名 (男性 2 名・女性 8 名)。

材料

ラミン材 (比重 0.66) とアルミ材 (2.70) の棒を用意し、それぞれ長さ 40cm から 90cm まで 10cm 間隔の 6 本で、合計 12 本を用意した。これらの全てに外径 2.00cm、内径約 1.00cm、長さ 20cm のブナ材 (比重 0.57) をハンドルとして取り付けた⁴。これらの慣性テンソルの値は Table 8.1 に示す。また、実験の様子と発話内容を記録するために、8 ミリビデオカメラを用いて被験者の右側面から撮影した。

⁴木製のハンドルを取り付けるのは、皮膚接触の違いを統制するためである。特に、金属の棒は一度保持すると温度が変わるため、くり返して提示すると明らかに「以前に保持していた棒」という印象を受ける。実験ではそうした影響が入らないように考慮した。

手続き

基本的な手続きは予備実験と同様であり、「比較による」方法を採用し、同一試行内で振りかたを1回変化させる手続きを採った。被験者には、正面のテーブルにおかれた長さ報告用の装置を用いて、左手で赤いマーカーを移動して長さを報告させ (Figure 8.1)、同時に振っているときに得られた感触を可能な限り、言語報告するように指示した。

1試行あたり2つを選ぶ順列の数は ${}_4P_2 = 12$ となる。このとき、通常の実験計画のように、刺激の提示順序を無作為化すると、本研究の場合には、次の試行へと移行する際に「振りかた」も「長さ」も、どちらも同時に変化することになる。ところが、そうすると被験者から得られた発話内容が、どういった変化と対応しているのか、分析の段階で検討が難しくなる。そこで、刺激の提示順序については無作為化せず、次の試行へと移る際には、直前の試行の2回目の振りかたをそのまま続け、提示する棒だけを変えるよう変更した。4種類の振りかたの回数が実験内で全て均等になるように配慮し、同一材質6本の棒×2回(12試行)を1セッションとして扱い、2セッション(合計24試行)行った。

最初に練習試行を1回設け、他は先行研究と同様、課題に制限時間は設けず、フィードバックは終わるまで一切与えなかった。全ての試行が終了するまで、約30から50分程度であった。

分析方法 (報告された長さ)

報告された棒の長さについては、先行研究と同様に対数化し、従属変数とすることで多変量共分散分析によって分析した⁵。共変量は慣性テン

⁵今回の分散分析は、反復測定が通約可能な多変量分散分析 (GMANOVA) であり、正確には、そこに共変量を組み込んだ多変量共分散分析 (GMANCOVA) である。反復測定分散分析 (repeated measures design) や乱塊法 (randomized blocked design) との違い、及びその利点の相違については、千野 (1993,1995) や清水・荘島 (2003) を参照されたい。なお、本研究は被験者を母数要因とみなしているため、通常とは異なり、被験者の無作為抽出を想定していない。

ソル成分の最大固有値 (I_1) と最小固有値 (I_3) のそれぞれを対数化処理したものである (いずれも非確率変数)。この手続きによって、ベキ関数回帰 (Stevens & Guirao, 1964; Stevens, 1971) を近似的に再現することが可能になる⁶。

さらに、振りかたを変える前と変えた後について、それを「前後」として反復測度要因とし (多変量分散分析の枠組みで扱うことで、両変数の残差変数間の相関を考慮できる)、さらに「変化前 (1回目) の振りかた」と「変化後 (2回目) の振りかた」 (いずれも 4 水準。それぞれ、手首、肘、肩、自由のいずれか) を加え、最後に「被験者」は母数要因 (10 人) として扱った。

モデルは、これらの 2 要因間の交互作用項までをモデルに含めた。ただし、同じ振りかたを続けることがないため、「最初の振りかた」と「後の振りかた」については、組み合わせが交絡しており、同交互作用項は含めなかった。

8.3 結果と考察

実験の結果、振りかたを変えた時に報告される棒の長さについては、10 名の被験者全てに知覚報告の変化が見られた。従来 of 恒常説と対比させて、結果を検討していく。

8.3.1 長さ報告の変化

振りかたを変えたときに報告された長さの変化量について、「増えた」とき、「変わらなかった」とき、「減った」ときの 3 つに分けると、それぞれの割合は 33.9 % , 15.4 % , 50.7 % で (全被験者の総計)、変化量の平均

⁶Kingma ら (2004) による実験結果を踏まえるなら、慣性テンソルモデルそのものを根本的に再検討する必要があるが、ここでは Pagano ら (1993) の結果と対比させる意味もあるため、慣性テンソルモデルによる分析をおこなうこととする。

値は-1.08cm(± 6.04 S D , 最小値 -19.0cm ~ 最大値 18.0cm)であった。長さが「変わらない」と感じることは少なく, 8割以上, 変化が量的に表現されることがわかる。

すなわち, 振りかたを変えることで, 対象となる棒の長さの感じかたが変化しており, 従来の不変仮説のように, 振りかたを変えても「全く同じ」(Turvey, 1996/2001)とは考えられないといえる。

8.3.2 多変量共分散分析

長さの報告結果については, 多変量共分散分析によって慣性テンソルモデルから各パラメタを推定した。その結果, 振りかたを変える前と後とではそれぞれ

$$Perceived Length_{pre} = \exp 0.41 \times I_1^{0.40} \times I_3^{-0.16} \quad (8.1)$$

$$Perceived Length_{post} = \exp 0.40 \times I_1^{0.40} \times I_3^{-0.16} \quad (8.2)$$

という推定値が得られた(2つの単変量のモデルとして扱ったときの説明率はそれぞれ $R_{pre}^2 = 0.92, R_{post}^2 = 0.92$)。最大固有値 ($F(1, 138) = 274.71, p < 0.001$) と最小固有値 ($F(1, 138) = 26.28, p < 0.001$) の回帰係数の値はいずれも有意であった。

振りかたの効果

「最初の振りかた」の主効果 ($F(3, 138) = 3.08, p < 0.05$) と, 「前後×最初の振りかた」 ($F(9, 138) = 71.24, p < 0.001$) がそれぞれ有意であった (Table 8.2 最上段, 切片値の左2列)。知覚される棒の長さは, 「肩>自由>肘>手首」の順となっている。

さらに, 「前後×後の振りかた」 ($F(3, 138) = 5.87, p < 0.001$) と, 「前後×後の振りかた×最大固有値」 ($F(3, 138) = 5.00, p < 0.001$) 「前後×後の振りかた×最小固有値」 ($F(3, 138) = 3.72, p < 0.001$) がそれぞれ有意

Table 8.2 振りかたを変えたときの回帰係数と切片値の変化

		最初の振りかた		後の振りかた	
		前	後	前	後
切片値	手首	-0.06	-0.02	(-0.01)	-0.05
	肘	-0.03	-0.02	(0.00)	-0.01
	肩	0.07	0.02	(0.00)	0.05
	自由	0.02	0.01	(0.00)	0.01
最大固有値 (I_1)	手首	-0.09	-0.08	(-0.02)	0.11
	肘	-0.03	-0.01	(-0.02)	-0.11
	肩	-0.03	-0.01	(-0.02)	-0.06
	自由	0.15	0.09	(0.06)	0.06
最小固有値 (I_3)	手首	0.07	0.10	(-0.04)	-0.17
	肘	0.08	0.04	(0.06)	0.15
	肩	0.04	0.02	(0.03)	0.10
	自由	-0.19	-0.16	(-0.04)	-0.08

注：これらの数値は本文中の数式 8.1, 8.2 の慣性テンソルモデル内の数値である (丸め誤差含む)。また、後の振りかたが直前の知覚報告に影響を与えることは想定せず、括弧でくくった。なお「前後×最初の振りかた×最大固有値」と「前後×最初の振りかた×最小固有値」については交互作用が有意ではない。

であった (Table 8.2 の右 2 列全て)。

最大固有値への回帰係数は正の値で大きさが大きいほど、また最小固有値の場合は値が負でその絶対値が大きいほど、知覚が実際の長さと同関することが経験的に知られているが⁷、自由に振ったときに不変項抽出がスムーズになり、その反対に、肘もしくは肩による振りかたの場合は、慣性テンソルの知覚という点からすると、他に比べて鈍感になっているように思われる。

手首による振りは「最初の振りかた」と「後の振りかた」とで慣性テンソル抽出の回帰係数の符号が反転しているため、解釈が難しい。他の振りかたから手首へと移行したときには、慣性テンソル抽出がうまくいくようであるが (Table 8.2 の右端列)、「最初の振りかた」についてみると、逆転している (Table 8.2 の左端列)。単独ではなく、他の振りかたとの併用が必要なのだろうか。

いずれにしても、これらの結果は従来の恒常性説からは導き得ない結果であり、振り方を変えれば、知覚される長さは変わっているといえよう。

偏相関係数

振りかたを変える前 (式 8.1) と変えた後 (式 8.2) の長さ報告について、各要因の平均ベクトルの影響が取り除かれたあとの偏相関 (残差相関) の値は 0.77 であった。いわゆる相関係数として解釈する限り、この値が比較的高い値であることには違いない。しかし、もしも恒常性が「完全に安定し」(Turvey, 1996/2001)、加えて、振りかたを変えたときの量的な差異も全て平均値によるモデル化が可能であるならば、この相関の期待

⁷慣性テンソルモデルは重回帰分析から成り立っており、独立変数である最大固有値と最小固有値の相関は通常 (本研究も同様に) 正である。このとき、最大固有値への偏回帰係数の値は「提示される棒の長さと同報告される知覚とがよく対応している」程度の大きさとみなせる。最小固有値への偏回帰係数は多くの場合負であるが、それは最大固有値との相関のためで、負の値は (多くの場合) 棒の材質の違いが総合されて、長さ報告がなされていると解釈できる。

値は理論的には 1.00 である。そうした文脈から解釈を与えるならば、「振りかたを変えても、長さが全く安定 (quietly stable)」してなどいないといえる。

個人差

なお、被験者の主効果 ($F(9, 138) = 71.24, p < 0.001$)、被験者 × 最大固有値 ($F(9, 138) = 5.99, p < 0.001$)、被験者 × 最小固有値 ($F(9, 138) = 3.35, p < 0.01$) が、それぞれ有意であった。すなわち、慣性テンソルの抽出には個人差があり、さらに同じ棒を手渡してもそれを長いと感じる人もいれば、短いと感じる人もいるということだ。また、前後 × 被験者 ($F(9, 138) = 2.86, p < 0.01$) が有意で、この結果から、振りかたを変えるときに感じられる変化が、個々人によって異なり、長さが減るように感じやすい人も、増えるように感じやすい人もいるということがわかる。

8.3.3 事例的検討：先端の不明瞭性

本研究では「振っているときに得られた感触を可能な限り、言語報告するよう」教示を与えたのだが、それに対する被験者の報告は多様であり、様々なパターンが観察された。

被験者の多くは「重い - 軽い」といった重量感が、棒の長さについての報告をすることが主であった。一方で、たとえば棒の「形状」や「おもり」(実際にはそのようなオブジェクトは棒に付いていないにもかかわらず) についてのイメージの報告など、「振りかたを変えた時に経験される感触」ではなく、「実際に何を持っているか」という観点から報告し続ける人もいた。また「動かしやすさ」などの運動感に関する報告もみられた。

ただし、本研究はあくまでも、振りかたを変えた時に経験される感触

の違いに焦点化し、従来の恒常性説の批判的検討を目的としている。

したがって、これらの「実際に何を持っているか」という外側からの事実的問いに対する報告は本研究の検討対象外であり、それを一度、括弧に入れてエポケー（判断停止）し、「内的視点からどのような感触が経験されるか」という観点から報告されたものを分析の対象とする。以下、その研究目的と照らし合わせて、そうした側面が凝縮されているとみなせる事例を典型例としてとりあげる⁸。

Yさん（女性）

実験開始から17試行目まで、報告内容は「(棒が)重い - 軽い」「長い - 短い」、もしくは「(長さが)わかる - わからない」といったものがほとんどであったが、途中、彼女がそれまでとは違った表現をしたことによって、以下の実験者とのやり取りが始まった。

⁸論文構成における事例の抽出については、ここでは「関心相関的抽出」（西條，投稿中）を、ひとつの方法論としている。研究目的を意識化することで、作為的な事例抽出に必然性を持たせることで、論文内の骨組みを首尾一貫させる試みである。

18 試行目 (アルミ材 80cm : 手首 肘へ。試行終了後)

Y 肘, 肘?, 肘だと, わからないというかなんか, さ, 先がない…

実験者 先がない

Y 長さが, 長いのもかもしれないけど

実験者 え? え? え? 肘だと?

Y わからないんだけどでも…… なんか, 限りがないように感じる, 長さの… (笑)

実験者 限りがない。… えーっとちょっと待てよ。先, 先の感じはどんな感じがするんだっけ?

Y 先? 先?

実験者 先がない, 肘だと先がない(って)

Y 肘が後でしたよね。長さがこう… ずっと続いているような, 感じがする

実験者 長くなったわけではなくて?

Y 長くなったわけではなくて, わからないというふうにいったほうがいいのか

実験者 ふーむ…

彼女は「先がない」といいながら同時に「長い」「限りがない」「ずっと続いている」と言っており(さらに, 報告も 34 から 41cm へと増加), これだけでは意味不明で解釈も難しいが, 恐らく「長さ」という単次元で, 感じていることの全体を表現しようとしたための表現と考えられる。よく聞いてみると, 彼女の言う「先がない」というのは, 肘での振りへと移行したときに生じた, ある種の違和感のことで, 「先端の不明瞭性」とも解釈できる感触のようである。先端の印象深さの違いと言い換えてもよいのかもしれない。

これは棒を直接目で見ていないためではなく, 振ったときに変わる感触の違いと考えられる。それは次の発話記録からも示唆される。

19 試行目 (アルミ材 90cm : 肘 手首へ移行後)

Y 肘だと、お、重いんですけど、肘だと短いと、自分が思ったよりも短くて、手首?..だと長そう。

実験者 な、長そう…ええっとお………… さっきまで重さについて言ってたけど、今度は手首だと長そうな感じがする
(長さの報告は 31cm から 43cm へと増加)

Y うん

実験者 先がよくわかる?

Y うん、今回はちゃんと、先がありそうな気がした(笑)

肘から手首での振りへ移行したときの「ちゃんと先がありそう」という表現からも、先端の不明瞭性は、振りかたを変えたときの触感の違いと考えられる。

Sさん(女性)

Yさんは、肘で振ったときに不明瞭さを感じたようであったが⁹、他には、肘よりも肩で振ったときに似たような報告をする被験者もいたため、以下にそれがよくあらわれていると思われる例を紹介する。

Sさんの内観報告は、多くが「重い-軽い」といった重さに関する内容であり、加えて「今まで持った中で何番目に重い(軽い、もしくは長い・短い)」など、前後を比較することも頻繁にみられた。また、実験者が実験を重ねるうちに慣れたこともあって、比較的うまく聞きたいことを聞けたようにも思われる。なお彼女は、長さが変わらないとした試行数が9回(全24試行中)と全被験者中最も多かった。

先述のYさんとのやり取りで考察された「先の感じ」について実験者が尋ねた後、Sさんは少し変わった表現をした。

⁹筆者自身は肘だけでなく、肩で振ったときにも似たような体験をした。どちらが強調されるかは、人によっても違ってくる可能性は十分考えられる。

7 試行目 (ラミン材 60cm : 手首 肩へ移行後)
S 手首で振るよりも, だいぶ軽い
実験者 短くなったってことかな?
S んー, 長さは長くなっている..
(実験者は発話内容をメモする)
実験者 先の感じはどういう感じがするかな?.. 先端の感じ
S 先端んー……なんかすごい『ふわー』ってしてる感じがする(笑)
実験者 『ふわー』って… どんなんだろ『ふわー』って?
S なんだろ… なんか先は長く感じるんだけどー, 長さは, 長く感じるんだけど, 先に重さが感じられない。
(実験者はメモをとる)
実験者 先に重さが感じられない。それを『ふわー』って言ってるわけだ
S はい(笑)

Sさんは肩で振った後に「手首で振るよりも軽い」と言う一方で, 長さの報告を 38cm から 47cm へと増やしていることから「重量感」と「長さ感」とは, また別であることがわかる。そして, 肩で振ったときの独特の感じは, 続く試行で肘での振りと比較したときにも顕れている。

8 試行目 (ラミン材 50cm : 肩 肘へ移行後)

S 今みたいに、『ふわー』ってした感じはしない。長さは変わらない
(実験者はメモをとる)

実験者 重さは？

S 重さはちょっと重たい

実験者 重たくなった

S はい
(ここで、一旦試行を終了)

実験者 肘を『ふわー』みたいな感じで表現するとすると…
どんな感じがする？

S えっ？

実験者 んーと、肘については、どういう感じの形容の仕方ができる？

S んっと…肩でやると…先が無いような感じなんですけど…

実験者 (メモをとる)

S でも、肘でやると…ちゃんと先があるなって…感じですね

実験者 肩の場合はなんだろう…短くなっているわけではないんだよね

S じゃなく……

この試行では、長さの報告は 37cm のまま変わっていない。量的に表現するならば、同じ長さという以外にないが、彼女が言語化しようとしているのは、振りかたを変えた時に得られる質的に異なる感触のことと考えられる。

特に「ちゃんと先がある」という言い方が、Yさんとほぼ同じ表現になっていることも、恐らく偶然ではないだろう。Yさんは肘で、Sさんは肩で振ったときに、先端の不明瞭性を感じたと思われる。手首で振ったときや自由に振ったときに、そういった報告がなされることは一度もなかった。

また、彼女の「ふわー」という形容が興味深かったため、この後、Sさ

んに対して実験の間，逐一そういった感じがするかどうか，誘導にならないように注意を払いつつ確認し，また実験終了後も何回か確認したところ，一貫した傾向がみられた。まず，肩で振ったときにだけ感じられること，加えて，肩で振った場合であっても，アルミ材の長い棒になると「ふわー」という報告はなくなることである。Sさんのいう「ふわー」は，腕を振って動かすときの「抵抗感の無さ」を含んでおり，ある程度の重さでは生じない感触のようである。

以上，YさんとSさんの報告に焦点化したがる，従来の恒常説においては，振り方に依らず知覚される長さは不変と考えられてきたため，上記の結果はまったく説明のつかないものになる。それに対して本研究は，従来のそうした前提が過度な外部記述に由来するためと考え，恒常性現象を内的視点から捉え直す必要性和，実験枠組みを改めて問い直す必要性和を再確認できたと思われる。

8.4 総合考察

本研究では、先行研究の実験を改良し、精神物理学的アプローチと実験現象学的アプローチを採用して、ダイナミックタッチの恒常性についての検討をおこなった。特に「振り方を変えても、知覚される長さに変化はない」という、恒常性についての従来の見解については、批判的立場から検討をおこなった。

8.4.1 相互特定化による解釈

Pagano ら (1993) をはじめとする従来 of 枠組みでは、「条件を変えたときの知覚量への増減」のみが主な関心の対象であった。確かに、慣性テンソルモデルによる分析結果も、知覚された長さの大小関係について「肩 > 自由 > 肘 > 手首」の順を示しているが (Table 8.2), 言語報告によれば、振ったときに感じられる負荷の大きさは、むしろ逆に「手首 > 肘 > 肩」といった順になる可能性が示唆された。

これらの結果を総合すると、4つの振りについては「短く知覚されているのは、軽いため」、もしくは「長く知覚されているのは重いから」といった単なる物理的な負荷量の大小から解釈することは不適切になる。むしろ、(同一の棒に対して振りかたを変えた時には)「重く感じるが、短いものとして知覚される」「軽く感じるが、長いものとして知覚される」といったある種の逆転関係さえ生じているようである。

慣性テンソルモデルにおける最大固有値や最小固有値の回帰係数にみられた差についても、同様である。数値だけを解釈し、単に情報量が違うというだけでは貧弱な意味しか持ち得ない。それに対して、今回の相互特定のアプローチは、主に2つの考察を加えることができる。

第一に、これらの推定値に関して「先端の明瞭さ」の相違が考えられ

る。つまり、振りを与える関節の位置が、腕の末端から肩へと近づくにつれて、ダイナミックタッチによる知覚は次第に鈍く、不明瞭になっていくことが示唆されている。恐らくは、肩を使って速く振ることは難しいといった、振りのスピードなども関係するのだろう。加えて、軽い棒の場合は腕の末端で振らなければ知覚しにくいといった点など、振りによって生じる負荷量の大きさと、知覚のし易さとの関係性も考慮に入れる必要があるかもしれない。

第二に、この結果は、探索行為としての「振り」が果たしている重要な役割について、根本的に問い直すことを意味している。ダイナミックタッチによる知覚が、「どのように振っても同じ」(Turvey, 1996/2001) というのではなく、ダイナミックタッチの知覚世界が、振りの動きによって産み出されるということを改めて考えさせるだろう。

例えば、Yさんの感じた「先がない」という違和感や、Sさんが言語化した「ふわー」という感触について考えてみても、その感触は、振るという探索以前に最初からあったわけではなく、振るという探索によってはじめて産み出されていると考えざるを得ない。しかも、2人に共通して、直前にどういった振りかたをしていたのかが報告内容と密接に関連していると考えられ、知覚が棒を保持した瞬間に、力学的に決定されるとは言えないことが示唆されてくる。

触世界の産出

Katz(1925/2003)は「触覚の世界」において、以下のように述べている。「周囲の色が話しかけてこないように、触覚的特徴はわたしたちに話しかけてこない。それは、わたしたちが話しかけないかぎり押し黙ったままである。わたしたちが筋肉活動をするときに、粗さ・滑らかさとか、硬さ・柔らかさとかいった特徴が生み出されるのである。わたしたちは

真に、これらの特徴の創造者なのである」(Katz, 1925/2003)。

Katz(1925/2003) がいうように、触世界は、探索の動きがあってこそ創り出されるのであり、振りについては、知覚それ自体を産出する探索として位置づける必要があるだろう。ダイナミックタッチによって対象を知覚するためには、ただ単に振りさえすればよいというわけではなく、むしろ、何を目的とし、どのように振るのかということが、その後の知覚形成及びシステムの振る舞いに対して決定的になるだろう。

これらを踏まえると、「知覚がいかに物理的に規定されているか」といった視点も重要であるが、むしろ「知覚システムの探索について、それがどういった経験と共に、組織化していくのか」という問いを忘れることはできない。

実験手続きに関する今後の課題

一方で、実験手続きには課題も残された。特に、被験者個々人の言語報告のしかたは多様であった。

今回は取り上げなかったが、言語報告によって棒の形状についてのイメージがなにかしら形成されると、その後の報告がそれに基づいて進行する被験者が多かった。その理由として、振っているときの感触そのもの(触覚的イメージ)よりも、物体の視覚的イメージが先行することが考えられる。今後、実験目的を優先するならば、その点に留意し、触覚の印象に焦点化させた報告を求めるべきかもしれない。

また、もうひとつの可能性としては「現象学的還元のためになされる訓練 = 括弧入れ」(Varela, 1996/2001) を被験者に課さなかった手続きの問題も考えられる。つまり、括弧入れが自然にできた被験者が少数だった可能性である。今回のように、教示は必要最低限にとどめて報告内容は個々にゆだね、事後的に事例を抽出することもひとつの方法だが、括

弧入れの訓練を終えた者だけを被験者にする伝統的手法も改めて見直す必要があるだろう。

ただし、本研究の立場は内観主義とは異なることは強調しておかねばなるまい。Varela(1996/2001)が注意を促しているように、括弧入れの訓練は内観主義とは対極であり、そこでは「これからなされるべき記述は何なのかに関する思考を中断させて、我々の早まった結論と信憑に待ったをかける」態度が求められる。「現象学的還元は内観主義などではない」(Varela, 1996/2001)のである。

8.4.2 相互特定化によるモデル提示

以上のように、本研究は被験者間に共通した傾向を見出すと同時に (Table 8.2)、内部者の視点を取り入れることによって、量的結果についても、経験と乖離しない形での解釈を進めてきた。

その結果、ダイナミックタッチによる知覚に関して、これまでの物理・力学的な知覚観に基づく外部記述の限界が示され、「産出される触知覚」という意味で、この触を立体的に捉えなおす必要性が認識されたといえるだろう。もはや、知覚研究において、客観か主観かといった二者択一的思考は超克せねばならないことは明らかであろう。知覚を「主観的な体験であると同時に公共的(客観的)なもの」とし、心理学的に扱うためには、今回採用した質的・量的双方のアプローチによる相互特定化の有効性が改めて示唆されただろう。

最後に、Paganoら(1993)のスタンスと本研究とを対比させる形で表に示した (Table 8.3)。

Table 8.3 Pagano, Fitzpatrick, & Turvey(1993) の枠組みと対比させた本研究の研究法及びスタンス

	Pagano ら (1993)	本研究
実験の方法論	精神物理学	精神物理学と実験現象学
実験手続き	同一性を導く 「絶対的」方法	差異を顕在化させるための 「比較による」方法
分析の標本	集団の平均値	生データ (被験者層別化)
長さ知覚の位置づけ	慣性テンソルに規定	振りによる産出
振りの影響	除去	総合

第9章 総合議論

本研究の目的は、ダイナミックタッチと呼ばれる触の観察を通して、人間の知覚についての法則性を、能動的な探索との関係から論じ、生成プロセスを含めて動的に構造化することであった。

9.1 主な結果のまとめ

以下に、実験をおこなった3章から8章までの主要な結果をまとめる。

9.1.1 ダイナミックタッチによる探索の発達 (4章)

4章では、児童期の子どもと大人を対象とし、ダイナミックタッチによる棒の長さ知覚課題実験を通して、探索形態の多様性に注目した観察をおこなった。両年齢群共に多様な探索形態が観察されたが、棒の振りかたの違いに関しては、子どもはそれが発達しはじめている過程にあること、大人は振りかたが洗練される過程にあることが示唆された。子どもと大人とでは探索のしかたが全く異なるといえる。

9.1.2 精神物理的な情報量増加 (5, 6章)

探索の動きは発達的に変化することが示されたが、それに伴って、精神物理学的に利用可能な情報も適したものと変化するのだろうか。5章では、4章では検討できなかったこの問題の検討をおこなった。実験では、能動的探索を制限した静止保持による条件を設定し、棒の長さを報告させる知覚課題によって、ダイナミックタッチによる長さ知覚との比

較検討をおこなった。その結果、静止保持時に達成される棒の長さ知覚は、ダイナミックタッチによる長さ知覚と比べて、抽出される不変項情報に違いが確認できた。

この結果と Kingma ら (2004) による最新の成果を踏まえ、6 章では、異なる年齢群間での行動差及び、振りによる探索の生起率と検知可能な不変項情報を比較検討し、発達的变化として考察した (Table 6.4)。4 章においては、子どもと大人の長さ報告は表面的には似ていたが、検知可能な不変項の情報量はやはり異なっていたと考えられる。

したがって、次のように結論できるだろう。検知可能な不変項情報は知覚者による対象への接しかたに強く依存する (本研究 8, 5, 6 章; Kingma et al., 2004)。さらに、対象への接しかたが知覚システム全体において発達的に変化するため、検知可能な不変項情報も同時に変化する (4 章, 6 章)。

ダイナミックタッチに関する先行研究はこれらを明らかにしてこなかった。序論の内容と重なるが、恐らくほとんどの先行研究がダイナミックタッチの知覚において利用されている不変項を力学的に特定することに主題をおいてきたためだろう。しかし、上述の内容は Gibson のアフォーダンス理論 (1979/1985)、知覚システム論 (1966) に基づくことで、はじめて導かれた結果である。

9.1.3 共分散分析の有効性と結果 (3 章)

また、知覚量の分析においては、通常用いられる回帰分析の代わりに 3 章で論じた共分散分析を活用した。これにより、本研究では分散成分の定量化が可能となり、ダイナミックタッチによる知覚の特徴について、新たな考察が可能となった。

共分散分析を用いた全ての章で、知覚量に関して被験者の主効果の分

散成分が大きいことが示された。この結果は、同じ長さの棒を手渡して触探索させても、それを長いものとして感じる人もいれば、短いと感じる人もいることを意味する。また一方で、物理量（共変量）と被験者要因の交互作用効果は総じて小さいことが示された¹。この点については、高次の項の分散が必然的に小さくなる統計モデル上の性質も無視できないが、各物理量からの影響が多く、被験者に共通していたという解釈が可能であろう。

そして、残差分散の大きさも評価可能となった。実験の結果、残差は小さくはないことが多かった。静止保持時では特に、報告の安定性が低かった。つまり、同じ棒を後に手渡したときの、長さ報告が一定ではないということだ。この点でも、ダイナミックタッチによる知覚と静止保持は異なっており、これらは決して同一視されるべきでないといえよう。

従来の回帰分析モデルでは、モデルの説明率は常に9割を超えるものばかりであったが、モデルの現象適合性を過剰に評価する危険性を高めていることが改めて認識された。以上、共分散分析を用いた分析は、ダイナミックタッチの新たな側面を記述可能とした点において、本研究を通して有効に機能したといえるだろう。

9.1.4 質的な差異の知覚 (7, 8章)

以上は、量的測定から発達を基礎づけた結果である。ただし、従来の研究のように測度世界を構成する外部観察者の位置からの知覚の記述だけでは、知覚者の経験と大きくかけ離れた理解に至る危険がある。それは、変化を変化として捉えず、むしろ逆に隠蔽してしまうことである。

本研究は、意識を全体論的に捉える態度をひとつの方法論として記述

¹ただし、8章では交互作用項は有意であり、エフェクトサイズは小さくとも、不変項の検知にも個人差は確実にある。

に活用し、精神物理的測定では外延化の難しい知覚の質的側面を明らかにすることで、発達との関係化を試みた。発達が探索行為の能動的選択を含むのであれば、探索の動きが変化するとき、そこでは何が感じられるのだろうか。知覚者は自らの探索のパフォーマンス自体を評価可能なはずである。

7, 8章では、被験者に自らの知覚そのものを対象化させて報告させる実験課題をおこなった。7章では、静止保持とダイナミックタッチによる探索の2つの条件を設定し、確かさの感触を確信度として報告させた。8章では、ダイナミックタッチの恒常性の検討において、手首・肘・肩の関節のみを用いた制限付きの振りと、制限のない自由な振りとを設定し、移行させる中で生じる知覚的変様に焦点をあてた。

これらの2つの実験が明らかにしたことは、確信度(7章)や明瞭さの感触(8章)もまた、棒の振りかたの変化に伴って違ってくることであった。それは意識化されているとは限らない。しかし、達成される知覚が質的に変化していることを確かに示唆するものである。

9.2 知覚と探索の発達構造

一連の実験結果をもとに、本節では以下、特定の探索行為が選択される構造について論じ、よりよく発達するための条件について考える。

9.2.1 行為選択の機会

ダイナミックタッチの発達は特定の行為への収斂する過程でもある。一体、何が探索行為の選択を可能としているのか²。

² どのような探索形態が優先的に選択されるのかはまた別問題となる。ここでは、欲望相関性(竹田, 2004)の概念が援用できる。本研究では一貫して被験者には棒の長さを報告させる手続きで実験課題は統一しているが、棒の材料など実験間での違いもある。

主客二元論の限界

これについては、主客二元論に基づいた従来の確信度研究の枠組みからは捉えられない。従来の確信度研究は、「主観としての心」が「客観的実在世界」をどれだけ回復できるのか、すなわち「主観の間違いはどの程度の大きさか」が扱われてきた。結局、予め到達すべき正解として客観世界が前提され、主観・客観の一致（不一致）が分析対象とされてきた（Branski & Petrusic, 1994; Björkman, Juslin, & Winman, 1993; Juslin, Winman, & Persson, 1995; Juslin & Olsson, 1997; Keren, 1988, 1991; Olsson, & Winman, 1996）。しかし、本研究7章の結果に対して「実際の長さとは相関しないから静止保持による長さ知覚の確信度が低くなる（または、その逆も）」というのが、説明にならないのは明らかである³。

くり返しの働き

振りによる探索を観察していると、情報抽出のための探索が何度もくり返されることが多いことに気づく（4, 5, 6, 8章）。ここでは、探索のくり返しが特定の行為を選択可能とする働きに注目しよう。

知覚者は、自らの振るまいの善し悪しを自ら自身において評価できる。それはある種の感触としてであり、もうひとつの知覚であろう。例えば、7章での棒の長さ知覚課題において、被験者は知覚報告結果のフィードバック（報告された長さが実際に近かった、遠かったなど）は与えられていない。それにも拘わらず、被験者は棒を保持して持つことと、振りによる探索による長さ知覚の違いを評価可能であった。

より正確には、反復と比較の中で取捨選択のチャンスがあると言い換えるべきだろうか。8章では、振り方を様々に変えて棒の長さを知覚させたが、先端の明瞭性についての違いは事後的に顕在化していると思われる

³そもそも、実際の長さとは相関するか否か、知覚者には不明なのである。

る。事例として取り上げた被験者2人の報告がある程度試行を重ねた後であり、差異はどこまで意識化されているのか定かでない。

不変項という情報

通常感覚からすれば、知覚者の意識が特定の行為を選択しているようにも思いがちである。しかし、意識は知覚システムの一部である。そして、探索のしかたは知覚者が一方的に決めているわけではない。三嶋(2000)が指摘するように、接触対象のアフォーダンスとの関係から、行為が選択されていく側面を考える必要があるだろう。

問われるべきは、知覚者がどのように世界と接して情報を利用していくのか、であろう。そして、中枢による推論説⁴を持ち込まずに、その法則性を捉えることが求められる。

ここで改めて、Gibson (1979/1985)による不変項の概念に注目できる。不変項は「変化の中で立ち現れる不変な性質」(三嶋, 2000)、「変化するパターンの中の持続的な性質」(三嶋, 2000)である。長さの触知においては、慣性テンソルの最大固有値、及び静止モーメントなどの力学的不変項が想定されているが、2つの探索条件間では検知可能な不変項の情報量には、明らかに違いが認められる(5章, Kingma et al., 2004)。これら力学的な不変項の検知可能性が、差異となって顕在化したとき、知覚者にある特定の探索行為を選択させる働きがうまれているのだろう。

9.2.2 動きの形成：システムの身体性

ただし、質的に異なる探索の動きが形成されていなければ、利用可能な情報の差異も産み出されず、パフォーマンスの善し悪しについての比較のしようがないと考えられる。つまり、行為の選択さえおこりえない。

可能となる探索の動きの範囲は、特定の探索行為が選択される以前の

⁴推論説が問題の先送りにしかならないことは序章で既に論じた。

問題だが、それはシステム全体の性質を含むため、知覚者には支配できるものではなくなってくる。

まず、動きが物理的に制限されている側面に注目できる。例えば、身体関節と無関係に腕を曲げることはできない。また、棒を振る速度の限界は筋力によっても変わってくるし、それは棒の慣性テンソルなどの大きさとも関係する。

また他にも、6章の実験では、幅広い年齢層を被験者として実験を行ったが、それぞれの年齢群に棒の振り方に特徴があった。恐らく、知覚者の身体の成熟や大きさ、生理学な筋肉の発達や老化なども、システムにおいて可能となる動きの範囲を制約しているとも思われる。

支配不可能という点からは、いわゆる偶然と呼ばれる要因も忘れられない。例として、本研究における棒の長さ知覚課題の実験状況を想定してみよう。静止して保持しようとしている子どもが、重くて長い棒を持ったときに、偶然的に、棒を支えきれずに、落下運動を引き起こす。このとき、支えることを維持しようとし、上に持ち上げるのであるが、それが結果的に振るといふ探索となる、といった偶然もありうるだろう。つまり、軽くて短い棒だけが与えられる条件と、重くて長い棒が混じっている条件とでも、システム全体の身体性が違ってくることがわかる。

9.2.3 探索形態の質的な多様性：発達の潜在的可能性

従来の伝統的な発達観では、発達が主に経験の積み重ねに置きかえられていたため、探索の発達についても、くり返される探索の量によって大人型形態へ到達すると考えられてきただろう。確かに、動きそのものの自動化や洗練の機能を考えれば、探索の反復量は重要な役割を担っているだろう。

しかし、度々論じてきたように、探索形態の多様性は発達を考える上

で重要な鍵となる (Goldfield, 1995; Greer & Lockman, 1998; 三嶋, 1996; Thelen & Smith, 1994; 佐々木, 2000)。多様な形態を産出できるシステムほど、様々な探索形態の組み合わせが可能であり、それによって新たな情報に接触できる可能性が広がり、それだけにより適した探索のしかたを見出す機会も多いと考えられる。

そして、多様な探索形態の中から課題に適さないものを淘汰していくことは可能であっても、逆に探索のレパートリーがはじめから少なければ、発達の可能性は閉ざされてしまう。

多様性はある種の不安定さでもあり、パフォーマンスの効率も悪い可能性があるが、そのような、ある種の「ゆらぎ」⁵を豊かに内包するシステムほど、潜在的には発達のチャンスがあるとも考えられる。

以上をまとめると、知覚と探索の発達は (1) 反復を通して探索形態が選択され、収斂へ向かう秩序化の方向と、(2) 質的に多様な探索形態を産出するゆらぎ、との間で進行する「システムの組織化プロセス」として捉えることができる。

9.2.4 今後の課題

本研究はダイナミックタッチによる知覚と探索の発達に焦点化したがる、その構造の把握は大づかみで取り出してきた段階に過ぎない。ダイナミックタッチ研究をはじめとする知覚研究の今後の課題は何だろうか⁶。まず、今回の検討で残された課題を取り上げ、詳細を詰めることが考えられるだろう。

⁵Prigogine & Stengers (1984/1987) が論じたように、秩序生成にはゆらぎを要する。

⁶扱う現象は同一のまま、研究目的を変えるということも考えられる。生理学レベルでの筋感覚の検討、さらにそれらと生態学的、進化論との関係性の考察、また工学領域への応用などが考えられる。ただし、本研究においては、心理学の問題として知覚と探索の関係性に焦点化しているため、現時点では別種の問題とする。

発達のさらなる記述

4章で扱ったダイナミックタッチの発達については、横断的なサンプリングで群間比較した結果に基づいている。そのため、今後は個体の縦断的变化としての発達を明らかにし、より綿密な観察と記述が求められよう。今回扱った棒という対象に限定せずとも、検討は可能であろう。ただし、それらをどうまとめるのか。ダイナミックシステムズアプローチなどの理論を援用することも含め、記述の方法は事象に応じて探るしかない。

また、発達についての今後の検討としては、7, 8章で考察された「情報の差異に対する感受性」自体についての発達の变化を検討することも新たな課題となるだろう。4章で観察した子ども群では、大人群とは異なり、振りが出現してもその後の試行では続くわけではないケースが多かった(4.1)。その結果は、6章での高齢者群にもあてはまる(Table 6.3)。こうした大人群との違いを考えると、探索の組織化そのものが違っている可能性も考えられる。

精神物理学モデルと方法論探究

また、精神物理学モデルについても課題は多い。5章で論じように、精神物理学的検討の最前線では、慣性テンソルモデルの地位が脅かされ始めている。最大固有値と静止モーメントの効果を改めて検討することは、もっとも大きな課題として残されている。

Kingmaら(2004)の方法によって、これら両変数間の相関を取り除くことは技術的に可能となったが、それでもまだ不明な点もある。6章では、静止モーメントの偏回帰係数が負になったが、Kingmaら(2004)の結果を踏まえると、「一体何が情報として利用され、知覚報告にどのように影響を与えているのか」については、どうしても解釈が難しくなる。

恐らく、回帰分析の手法(今回提案した共分散分析も含む)の原理的限界に突き当たっているのだろう。回帰分析は、反復データの測定後に直線を当てはめる。そのため、知覚報告が直前の報告とどう対応しているのか、といった時間軸に沿った検討は難しい。したがって、変化の構造を取り出しにくい。こうした問題点も含め、実験デザインの洗練や分析法の工夫が求められている。

実験現象学の手法

実験現象学の方法論も同様である。現状のままでは、まだ知覚研究の方法論とはなりにくい。Katzのように、知覚の対象を増やして、ダイナミックタッチによって可能となる知覚の質をさまざまに分類していくことも課題として考えられる。

9.3 人間科学における方法論と記述の問題

最後に、人間科学における方法論についての問題を指摘しておく。

既に論じたように、システムの組織化プロセスとして、知覚者の探索形態は反復を通して次第に収斂に向かう。それは知覚される情報が安定することを意味し、同時に利用可能な情報が変わらなくなることでもある。

そして、それと同じ事態が、実は知覚研究を中心とした心理学に発生している。1章で論じたように、先行研究は精神物理学の枠組みのみに依拠し、その枠組みだけで現象を記述してきた。ダイナミックタッチの諸先行研究は、動きを排除せずに知覚を扱った点では大きな成果をあげたが、結局のところ、先行研究は同じ振りかたでの探索に固執し、明らかにできる現象の性質まで固定してしまったといえよう。

振りかたを変えれば、検知可能な情報量が変わり、ダイナミックタッチによる知覚は質的に変わる。それと同様、研究におけるアプローチが

違えば、仮に同じ現象を同じ目的において扱っていたとしても、明らかにできる側面は変わってくる。そのため、研究のアプローチは単一に固定せずに、目的に応じて、絶えずそれ自体のあり方を問い直すという作業が、今後とも求められている。

9.3.1 方法論の重要性

これまで方法論が重視されてこなかったのは何故だろうか。恐らく、方法論だけが開発されても、取り組んでいる問題が解決に向かうとは限らないためであろう。

しかし、方法論とは研究領域における探索のしかたである。探索のしかた固定すれば、明らかにされる現象を限定することに他ならない。研究において、問題が問題として扱われないならば、それは旧来の方法で捉えられる現象に研究対象をあてはめ、得られた結果の妥当性を過剰に評価することにつながるだろう。

我々は予め全てを知る神のような超越者ではない。それ故に、新たな動きを形成し、情報を多角的に利用できるようになってはじめて、自らを相対化するチャンスがある。言い換えれば、新しい視点の導入と方法論的問題の解決が同時に満たされてはじめて、旧来の方法論だけでとらえられきた現象が一面的であったことが、知覚されることとなる。

しかし、それでは遅いのである。方法論が開発されるのを待つだけならば、それは悠長な態度として批判されねばならない。知覚研究が科学であるならば、新たな視点を得ることで、それまでとらえきれなかった現象の新たな側面を記述可能とすることは、常に今現在の、最も重要な課題のひとつなのである。

くり返すが、方法論の問題は、探索のしかたの問題であり、決して軽視されるべきことではない。閉塞した現状を打開するためには、方法論

と認識論を，根本から同時に変革しなければならない。

Reed(1997/2000) に指摘されたように，心理学は扱うべき対象をマインドへ閉じ込めるのではなく，身心の総体としての魂に目を向け，Varelaら(1991/2001) に指摘されるように，経験と解離しない科学の確立を求めていく必要があるだろう。知覚の心理学は探索のしかたとしての方法論を発達させ，収斂させてきたが，一方で，見えなくなる情報を増やし，もはやそのことに気づかなくなっている。

9.4 まとめ

本研究は，ダイナミックタッチの発達を通して，知覚と探索の発達の变化の構造について，議論を続けてきた。以下，もっとも主要な結果について，短くまとめた。

ダイナミックタッチによる探索は発達的に変化する。そして検知可能な不変項情報は探索の動きに依存するため，探索の動きは発達的に変化するため，検知可能な情報も発達的に変化する。同時に，知覚者は探索をくり返す中で，自らの探索行為を評価するチャンスがあり，適したものを選択している。

そして，知覚と探索の発達は反復を通して探索形態が収斂へ向かう秩序化の方向と質的に多様な探索形態が産出するゆらぎとの間で進行する「システムの組織化プロセス」として捉えられた。

探索のしかたには，理想的完成形態などの到達点が終着点として存在するわけではない。一方で，対象をよりよく知ることも可能である。このとき，どれだけ質的に多様な探索ができるかということが鍵と考えられ，その意味においても，我々は常に新たな探索のしかたを探る過程の只中にいるといえるのではないだろうか。

引用文献

- Amazeen, E. L. & Turvey, M. T. (1996). Weight perception and the haptic size-weight illusion are functions of the inertia tensor. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, **22**, 213–232.
- Baranski, J. V., & Petrusic, W.L. (1994). The calibration and resolution of confidence in perceptual judgment. *Perception & Psychophysics*, **55**, 412–428.
- Björkman, M., Juslin, P., & Winman, A. (1993). Realism of confidence judgments: Implications for underconfidence in sensory discrimination. *Perception & Psychophysics*, **54**. 75–81.
- Burton, G., & Turvey, M. T. (1990). Perceiving the lengths of rods that are held but not wielded. *Ecological Psychology*, **2**, 295–324.
- Burton, G., Turvey, M. T., & Solomon, H. Y. (1990). Can shape be perceived by dynamic touch ? *Perception & Psychophysics*, **48**, 477–487.
- Bushnell, E. W., & Boudreau, J. P. (1998). Exploring and exploiting objects with the hands during infancy. In K. J. Connolly (Ed.), *The psychology of the hand*. Cambridge, UK: Mac Keith Press. Pp.144–161.
- Carello, C., Fitzpatrick, P., Domaniewicz, I., Chan, T. C., & Turvey,

- M. T. (1992). Effortful touch with minimal movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **18**, 290–302.
- Carello, C., Santana, M-V., & Burton, G. (1996). Selective perception by dynamic touch. *Perception & Psychophysics*, **58**, 1177–1190.
- Carello, C., Fitzpatrick, P., Flascher, I., & Turvey, M. T. (1998). Inertial eigenvalues, rod density, and rod diameter in length perception by dynamic touch. *Perception & Psychophysics*, **60**, 89–100.
- Carello, C. & Turvey, M. T. (2004). Physics and psychology of the muscle sense. *American Psychological Society*. **13**, 25–28.
- Chan, T. C. (1994). Haptic perception of partial-rod lengths with the rod held stationary or wielded. *Perception & Psychophysics*, **55**, 551–561.
- Chan, T. C. (1995). The effect of density and diameter on haptic perception of rod length. *Perception & Psychophysics*, **57**, 778–786.
- Charpentier, A.(1891). Analyse experimentale de quelques elements de la sensation de poids [Experimental study of some aspects of weight perception], *Archives de physiologie normales et pathologiques*, **3**, 122–135.
- 千野直仁. (1993). 反復測度デザイン概説 - その 1. 愛知学院大学文学部紀要第 23 卷, 愛知学院大学, 愛知, 223–236.
- 千野直仁. (1995). 教育や心理の分野における ANOVA, MANOVA, GMANOVA 適用上の問題点. 愛知学院大学文学部紀要第 25 卷, 愛知学院大学, 愛知, 103–119.
- Connolly, K. J. & Elliott, J. (1987). 手の機能：その進化と個体発生

- (今井田道子, 訳). In Blurton Jones, N. G. (Ed.), 乳幼児のヒューマンエソロジー：発達心理学への新しいアプローチ(岡野恒也, 監訳. pp.459-522). 東京：ブレーン出版。(原著刊行年次, 1972年)
- Cross, D. V. & Rotkin, L. (1975). The relation between size and apparent heaviness. *Perception & Psychophysics*, **18**, 79–87.
- Davis, C. M. & Roberts, W. (1976). Lifting movements in the size–weight illusion. *Perception & Psychophysics*, **20**, 33–36.
- Davis, C. M. & Brickett, P. (1977). The role of preparatory muscle tension in the size–weight illusion. *Perception & Psychophysics*, **22**, 262–264.
- Denzin, N. K. (1989). *The research act*(3rd edn), Englewood Cliffs, N. J. : Prentice-Hall.
- Dresslar, F.B. (1894). Studies in th psychology of touch. *American Journal of Psychology*, **6**, 313–368.
- Fitzpatrick, P., Carello, C., & Turvey, M. T. (1994). Eigenvalues of the inertia tensor and extropception by the "muscular sense". *Neuroscience*, **60**, 551–568.
- Flick, U. (2002). 質的研究入門：<人間科学>のための方法論 (小田博志, 山本則子, 春日常, 宮地尚子, 訳). 東京：春秋社. (Flick, U. (1995). *Quallitative forschung*. Reinbek bei Hamburg : Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH.)
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1985). *生態学的視覚論:ヒトの知覚世界を探る* (古崎 敬・古崎愛子・辻敬一郎・村瀬 旻, 訳). 東京:サイエンス社。(Gibson,

- J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.)
- Goldfield, E. C. (1995). *Emergent forms: Origins and early development of human action and perception*. New York: Oxford University Press.
- Goldstein, H. (1980). *Classical mechanics*, Addison-Wesley.
- Greer, T., & Lockman, J. J. (1998). Using writing instruments: invariances in young children and adults. *Child Development*, **69**, 888–902.
- Haggard, P. (1998). The control of human prehension. In K. J. Connolly (Ed.), *The Psychology of the Hand*.(pp.36–46). Cambridge: Mac Keith Press.
- 春木 豊 . (1988) . 人間科学への態度 . ヒューマンサイエンス . 1, 3–10.
- 春木 豊 . (2002) . 人間 : その心と体 . ヒューマンサイエンスリサーチ , 11, 21–28.
- 東山篤規・岩切絹代 . (2003) . 訳者あとがき (触覚の世界 : 実験現象学の地平) . 東京 : 新曜社 .
- Juslin, P., & Olsson, H. (1997). Thurstonian and brunswikian origins of uncertainty in judgment: A sampling model of confidence in sensory discrimination. *Psychological Review*, **104**, 344–366.
- Juslin, P., Winman, A., & Persson, T. (1995). Can overconfidence be used as an indicator of reconstructive rather than retrieval processes ? *Cognition*, **54**, 99–130.
- 柿崎京一 . (1992) 「大道無門」の人間探究 . ヒューマンサイエンスリサーチ , 1 , 5–6 .
- Katz, D.(1930) . *Der Aufbau der Farbenwelt*, Verlag von Johann Ambrosius Barth.

- Katz, D.(1962) . *ゲシュタルト心理学* (第2版)(武政太郎・浅見千鶴子, 訳) .
東京：新書館 . (Katz, D.(1948) . *Gestaltpsychologi* (reweiterte Aufl).
Basel : B. Schwabe.)
- Katz, D.(2003) . *触覚の世界:実験現象学の地平* (東山篤規・岩切絹代, 訳) .
東京：新曜社 . (Katz, D. (1925). *Der Aufbau der Tastwelt*. Leipzig:
Verlag von Johann Ambrosius Barth.)
- 河本英夫. (2000). *オートポイエーシス 2001 : 日々新たに目覚めるために* . 東京：新曜社 .
- 河本英夫 (2001a). *メタモルフォーゼ : 日々新たな自己になるために 5* ,
現代思想, **29**, (no.12 : 特集 オートポイエーシスの源流 F・ヴァレラ
の思想圏), 206–223.
- 河本英夫 (2001b) *システムと現象学*, *現代思想*, **29**, (no.17 : 総特集 現象
学 : 知と生命), 260–272.
- Keren, G. (1988). On the ability of monitoring non-veridical perceptions
and uncertain knowledge: Some calibration studies. *Acta Psychologica*,
67, 95–119.
- Keren, G. (1991). Calibration and probability judgment: Conceptual
and methodological issues. *Acta Psychologica*, **77**, 217–273.
- Kingma, I., van de Langenberg, R., & Beek, P (2004). Which mechanical
invariants are associated with the perception of length and heaviness
of nonvisible handheld rod? Testing the inertia tensor hypothesis.
Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, **30**, 346–354.
- Kloos, H., & Amazeen, E. L. (2002). Perceiving heaviness by dynamic
touch: an investigation of the size weight illusion in preschoolers.

- British Journal of Developmental Psychology, **20**, 171–183.
- Knowles, W. B., & Sheridan, T. B. (1966). The "feel" of ratory controls: Friction and inertia. *Human Factors*, **8**, 209–215.
- 河野哲也. (2001). ギブソンとメルロ = ポンティ. 現代思想(現象学：知と生命), **29**, 286–298.
- Lederman, S. J., Ganeshan, S. R., & Ellis, R. E. (1996). Effortful touch with minimum movement: revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **22**, 851–868.
- Loomis, J. M. & Lederman, S. J. (1986). Tactile perception. In K. Boff, L. Kaufmann, & J. Thomas (Eds.), *Handbook of human perception and performance* (pp.31.01–31.41). NewYork: Wiley.
- Lombardo, T, J. (2000). ギブソンの生態学的心理学：その哲学的・科学史的背景 (古崎 敬・境 敦史・河野哲也・北島洋樹・菅野理樹雄・曾我重司・福田真実, 訳). 東京：勁草書房 (Lombardo, T, J. (1987). *The reciprocity of perceiver and environment: The evolution of James J.Gibson's ecological psychology*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates)
- Manoel, E. J. & Connolly, K. J. (1998). The development of manual dexterity in young children. In K. J. Connolly (Ed.), *The Psychology of the Hand*.(pp.177–198). Cambridge: Mac Keith Press.
- Masin, S. C., & Crestoni, L. (1988). Experimental demonstration of the sensory basis of the size-weight illusion. *Perception & Pychophysics*, **44**, 309–312.
- 松野孝一郎 (1999). パルメニデイスの夢. 現代思想, **27**, (no.4 : 特集 システム論：内部観測とオートポイエーシス), 94–106.

- 松野孝一郎 (2001a). 内部観測からの時間, 空間. 現代思想, 29, (no.3 : 総特集 システム), 288–305.
- 松野孝一郎 (2001b). 量子の内と外. 現代思想, 29, (no.12 : 特集 オートポイエーシスの源流 F・ヴァレラ の思想圏), 254–270.
- メルロ・ポンティ. (1988). 知覚の現象学 (中島盛夫, 訳). 東京. 法政大学出版局. (原著刊行年次, 1945)
- 三嶋博之. (1996). 手の能動触によるひものアフォーダンスの知覚. ヒューマンサイエンスリサーチ (早稲田大学人間科学部紀要), 5, 87–100.
- 三嶋博之. (2000). エコロジカル・マインド : 知性と環境をつなぐ心理学. 東京 : 日本放送出版協会
- 三嶋博之. (2001). 形なきかたち - 「複合不変項」の知覚 : <ひも>の知覚を題材として. 佐々木正人・三嶋博之 (編), アフォーダンスと行為 (pp.131–159). 東京 : 金子書房.
- 村田純一. (2002). 色彩の哲学. 東京 : 岩波書店.
- Neisser, U. (1978). 認知の構図 : 人間は現実をどのようにとらえるか (古崎敬・村瀬旻, 訳). 東京 : サイエンス社. (原著刊行年次, 1976)
- 野家伸也. (2001). 知の変貌と現象学. 現代思想 (現象学 : 知と生命), 29, 299–313.
- Olsson, H., & Winman, A. (1996). Underconfidence in sensory discrimination: The interaction between experimental setting and response strategies. *Perception & Psychophysics*, 58, 374–382.
- Pagano, C. C., Fitzpatrick, P., & Turvey, M. T. (1993). Tensorial basis to the constancy of perceived object extent over variations of dynamic touch. *Perception & Psychophysics*, 54, 43–54.
- Pagano, C. C., Kinsella-Shaw, J., Cassidy, P., & Turvey, M. T. (1994).

Role of the inertia tensor in haptically perceiving where an object is grasped. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **20**, 276–284.

Pagano, C. C., & Turvey, M. T. (1995). The inertia tensor as a basis for the perception of limb orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **21**, 1070–1087.

Pagano, C. C. & Cabe, P. A. (2003). Constancy in dynamic touch: length perceived by dynamic touch is invariant over changes in media. *Ecological-Psychology*, **15**, 1–17.

Perice, C. S., & Jastrow. (1884). On small differences of sensation. *Memoirs National Academy of Science*, **3**, 73–83.

Prigogine, I., & Stengers, I. (1987). *混沌からの秩序* (伏見康治・伏見譲・松枝秀明, 訳). 東京：みすず書房. (Prigogine, I., & Stengers, I. (1984). *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature*. New York: Bantam Books.)

Reed, E. S. (2000). 魂から心へ：心理学の誕生(村田純一・染谷昌義・鈴木貴之, 訳). 東京：青土社. (原著刊行年次 1997 年)

Robinson, W. S. (1950). Ecological correlations and the behavior of individuals. *American Sociological Review*, **15**, 351–357.

Rossi, J. S. (1997) A case study in the failure of psychology as a cumulative science: The spontaneous recovery of verbal learning. In Lisa L. Harlow, Stanley A. Mulaik, James H. Steiger. (Eds.), *What if there were no significance tests ?* Mahwah, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates Publishers. Pp. 175–197.

Rule, S. J., & Curtis, D. W. (1977). The influence of the interaction

of weight and volume on subjective heaviness. *Perception & Psychophysics*, **22**, 159–164.

西條剛央 . (2002) . 人間科学の再構築 : 人間科学の危機 . *ヒューマンサイエンスリサーチ*, **11**, 175–193.

西條剛央.(投稿中). 「関心相関的構成法」の提唱: 構造構成的質的心理学の技法的展開

境 敦史・曾我重司・小松英海 . (2002) . ギブソン心理学の核心 . 東京 : 剋草書房

佐々木正人 . (1993). 認知科学の新しい動向 2 : 深みへの傾斜 - センセーションリズムのステージ論 - . *言語*, **22**, 84–89.

佐々木正人 . (1994) . アフォーダンス : 新しい認知の理論 . 東京 : 岩波書店 .

佐々木正人 . (2000) . 知覚はおわらない : アフォーダンスへの招待 . 東京 : 青土社 .

Schmidt, R. F. (Ed). (1989). 感覚生理学 (岩村吉晃・酒田英夫・佐藤昭夫・豊田順一・松裏修四・小野武年, 訳). 第2版 . 京都 : 金芳堂 . (R, F, Schmidt. (Ed). (1981). *Fundamentals of sensory physiology*. New York : Springer – Verlag.)

清水 武 . (2003) . 人間科学の新たな組織化のためのシステムマネジメント . *ヒューマンサイエンスリサーチ* . **12**, 121–131.

清水 武・荘島宏二郎 . (2003) . 経時的要因を含む分散分析に対する発達心理学者としての関わり方 : 3つの分散分析モデル . *発達心理学研究*, **14**, 316–317.

下條信輔 . (1999). 意識とはなんだろうか : 脳の来歴 , 知覚の錯誤 . 東京 : 講談社 .

- Solomon, H. Y., & Turvey, M. T. (1988). Haptically perceiving the distances reachable with hand-held objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **14**, 404–427.
- Stevens, J. C. & Guirao, M.(1964) . Individual loudness functions. *Journal of the acoustical society of America*, **36**, 2210–2213.
- Stevens, J. C., & Rubin, L. L. (1970). Psychophysical scales of apparent heaviness and the size-weight illusion. *Perception & Psychophysics*, **8**, 225–230.
- Stevens, S. S. (1971) . Issues in psychophysical measurement. *Psychological Review*, **78**, 426–450.
- Stroop, M., Turvey, M. T., Fitzpatrick, P., & Carello, C. (2000) Inertia Tensor and Weight-Percept Models of Length Perception by Static Holding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **26**, 1133–1147.
- 菅村玄二・春木 豊 . (2001) . 人間科学のメタ理論 . ヒューマンサイエンスリサーチ , **10**, 287–299 .
- 竹田青嗣. (2004). 現象学は<思考の原理>である. 東京：筑摩書房.
- 丹後俊郎. (2002). メタ・アナリシス入門：エビデンスの統合をめざす統計手法. 東京：朝倉書店.
- Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). A dynamic systems approach to the development of cognition and action . Cambridge, MA: MIT Press.
- Thurston, L. L. (1927). A law of comparative judgment, *Psychological Review*, **34**, 273–286.
- Turvey, M. T. (2001). ダイナミックタッチ (三嶋博之, 訳), In 佐々木正人・三嶋博之 (編). 『アフォーダンスの構想：知覚研究の生態心理

学的デザイン』, pp.173–211, 東京：東京大学出版会 . (Turvey, M. T. (1996). Dynamic touch. *American Psychologist*, **51**, 1134–1152.)

Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (2001). 身体化された心：仏教思想からのエナクティブ・アプローチ(田中靖夫, 訳) . 東京：工作舎 . (Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind : cognitive science and human experience*. Cambridge, Mass. :MIT Press.)

Varela, F. J. (2001). 神経現象学：意識のハード・プロブレムに対する方法論的救済策 (河村次郎, 訳). *現代思想*, **29**(no.12：特集 オートポイエーシスの源流 F・ヴァレラの思想圏), 118–139. (Varela, F. J. (1996). Neurophenomenology: A methodological remedy for the hard problem. *Journal of Consciousness Studies*, **3**)

謝 辞

本論文の作成にあたっては、実に多くの方々に助けられました。

ご指導いただきました根ヶ山光一教授に深く感謝いたします。根ヶ山先生には学部3年時のゼミから修士課程、さらに博士課程と長らくお世話になりました。行動観察の重要性、行動発達についての問題意識を与えて頂き、なによりも、個々の自主性を重んじる先生の教育方針のもとで、精神物理学の実験や数理統計学に基づく方法論など、先生のご専門とは離れた領域にも多大な理解を示して下さいました。自分の興味を広げながら研究に専念できるという最高の研究環境を与えて頂きました。ここに感謝申し上げます。

大学院生活の中でもっとも有意義な議論を重ね、多くの貴重なアドバイスを頂いた西條剛央氏に深く感謝します。自己組織化に始まり、構造主義や現象学、さらに彼自身の理論体系としての構造構成主義など多岐にわたる内容の議論によって、多くの問題が共有できました。本論文は、2人の日々の討論なくしてありえなかったといえます。そして、共に未来を語ることのできる仲間として、その存在は研究活動を続ける中で大きな励みになりました。深く感謝いたします。

数理統計学を中心に、多くの刺激をいただきました荘島宏二郎氏に感謝します。修士に入ってすぐに早稲田大学文学部の豊田秀樹先生の共分散構造分析の授業を聴講したのも、彼に誘われたためでした。今となつては、行列と向き合っただけ計算に苦しんでいた日々が懐かしく感じます。お

かげで、線形モデルの基礎が身に付きました。また、 $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ などの書類作成法の基礎も教わり、多くの作業を効率化することができました。ありがとうございました。

三橋大輔氏には修士課程の頃の約2年の間に集中して、密度の濃い二人の読書会を続けていただきました。Gibson や Bernsteinをはじめ、Varelaの思想など、今から思い起こせば、氏が選んでくれた本には外れがなく、実に魅力的な理論に触れる機会を得ました。また、それだけでなく、パソコンの調子が悪いときには、いつも力になってくれました。助かりました。ここに深く感謝します。

則松宏子氏には、メールでのやり取りを中心に研究について、多くの貴重なアドバイスを頂きました。またそれだけでなく、渡仏の際には、本当にお世話になりました。夫のラウルさんにもお世話になりました。お二人に、ここにお礼申し上げます。

菅村玄二氏には、メールでのやり取りを通して、最先端の情報に触れる機会をいただき、非常に刺激を受けました。また、彼には多くの励ましの言葉を頂きました。ここに、感謝いたします。

また、2002年の夏から始まった次世代の人間科学研究会のメンバーの方々にもお礼申し上げます。斎藤清二先生、松島秀明氏、荒川歩氏とのMLでの議論は大変、刺激的でした。三嶋博之先生、川野健治先生、細馬宏道先生には研究会で、多くの貴重なコメントを頂きました。また、圓岡偉男先生には、オートポイエーシス理論、構造存在論などに関する情報を頂きました。皆様に感謝いたします。

岡本拓子先生、湧井幸子氏、安田祐子氏、田中美帆氏には研究会の活動を通じて、個人的にお世話になりました。また、鈴木平先生、鈴木貴子氏、河野直子氏、小保方晶子氏、岸野麻衣氏、斎藤久美子氏、野村侑

加氏には私信で何度も応援いただきました。ありがとうございました。

また、お世話になった根ヶ山ゼミ生の方々にお礼申し上げます。広瀬美和氏、詫間香織氏、知念清志氏、篠沢薫氏、武智隼人氏、山口祐子氏には、日頃から大変お世話になりました。感謝いたします。白神敬介氏、高橋史氏には、実験のサポートや原稿の校閲など論文執筆時に助けていただきました。青木弥生氏、黒田篤志氏、松木蒔子氏、鈴木秀次先生には修士課程のころにお世話になりました。また、2001年のゼミ合宿にて、活元とヨガの貴重な体験をさせていただいた西川晶子氏、福士九三子先生に深く感謝します。

そして、本研究論文の副査を快くお引き受け下さった、先生方に感謝いたします。

春木豊先生には、修士の1年のときからゼミに参加させていただき、学会では企画したWSの指定討論者を度々お引き受け下さいました。重ねてお礼申し上げます。

佐々木正人先生には卒論の頃から、修士論文と引き続き副査を引き受けていただきました。ダイナミックタッチを対象に研究を始めたのも、学部3年時に佐々木先生の著書を読んだのがきっかけでした。ありがとうございました。

戸川達男先生には、提出間近のお願いであったにもかかわらず、審査をご快諾頂きました。ありがとうございました。

最後に、妻の香理に、感謝します。

元気な赤ちゃんが産まれますように。

付 録

慣性テンソルにおける各固有値ベクトルの値は、棒の部分と取り付け
たハンドル部分とを分割して計算している。5, 8章では、Fitzpatrickら
(1994), Paganoら(1993)に従い、 $y = 6$ とした。6章では、Kingmaら
(2004)に従い、 $y = 0$ で計算している。以下、 I_1 と I_3 の計算方法のみを
記載した。

I_1 の計算

1. 棒の部分 (M:質量 L:長さ)

$$I_{1\text{ Rod}} = ML^2/12 + M(y^2 + z^2)$$

2. ハンドル部分 (m:質量 R:外径 r:内径 l:長さ)

$$I_{1\text{ Handle}} = m/4(R^2 + r^2 + l^2/3) + m(y^2 + z^2)$$

3. 上の二つを足し合わせる

$$I_{1\text{ Whole}} = I_{1\text{ Rod}} + I_{1\text{ Handle}}$$

I_3 の計算

1. ハンドル部分 (R:外径, r:内径)

(a) ハンドルの表面上の体積

$$V_{\text{solid}} = l(\pi)R^2$$

(b) ハンドルの空洞部の体積

$$V_{\text{hole}} = l(\pi)r^2$$

(c) ハンドルの体積

$$V_{\text{actual}} = V_{\text{solid}} - V_{\text{hole}}$$

(d) ハンドルの密度

$$D_{\text{actual}} = m/V_{\text{actual}}$$

(e) ハンドルの表面上の重さ

$$m_{\text{solid}} = D_{\text{actual}} \times V_{\text{solid}}$$

(f) ハンドルの空洞部の重さ

$$m_{\text{hole}} = D_{\text{actual}} \times V_{\text{hole}}$$

(g) ハンドルの表面上の I_3

$$I_{3 \text{ solid}} = m_{\text{solid}} \times R^2/2$$

(h) ハンドルの空洞部の I_3

$$I_{3 \text{ hole}} = m_{\text{hole}} \times r^2/2$$

(i) ハンドルの I_3

$$I_{3 \text{ handle}} = I_{3 \text{ solid}} + I_{3 \text{ hole}}$$

2. 棒の部分 (r:棒の太さの半径とハンドルの内径は同一)

$$I_{3 \text{ Rod}} = Mr^2/12 + m(x^2 + y^2)$$

3. 足し合わせる

$$I_3 = I_{3 \text{ handle}} + I_{3 \text{ Rod}}$$