

手先の運動速度に基づく視覚運動性 手続き記憶のチャンク構造の推定

筑波大学大学院システム情報工学研究科 ○ 坂田正伸
筑波大学大学院図書館情報メディア研究科 森田ひろみ
筑波大学大学院システム情報工学研究科 森田昌彦

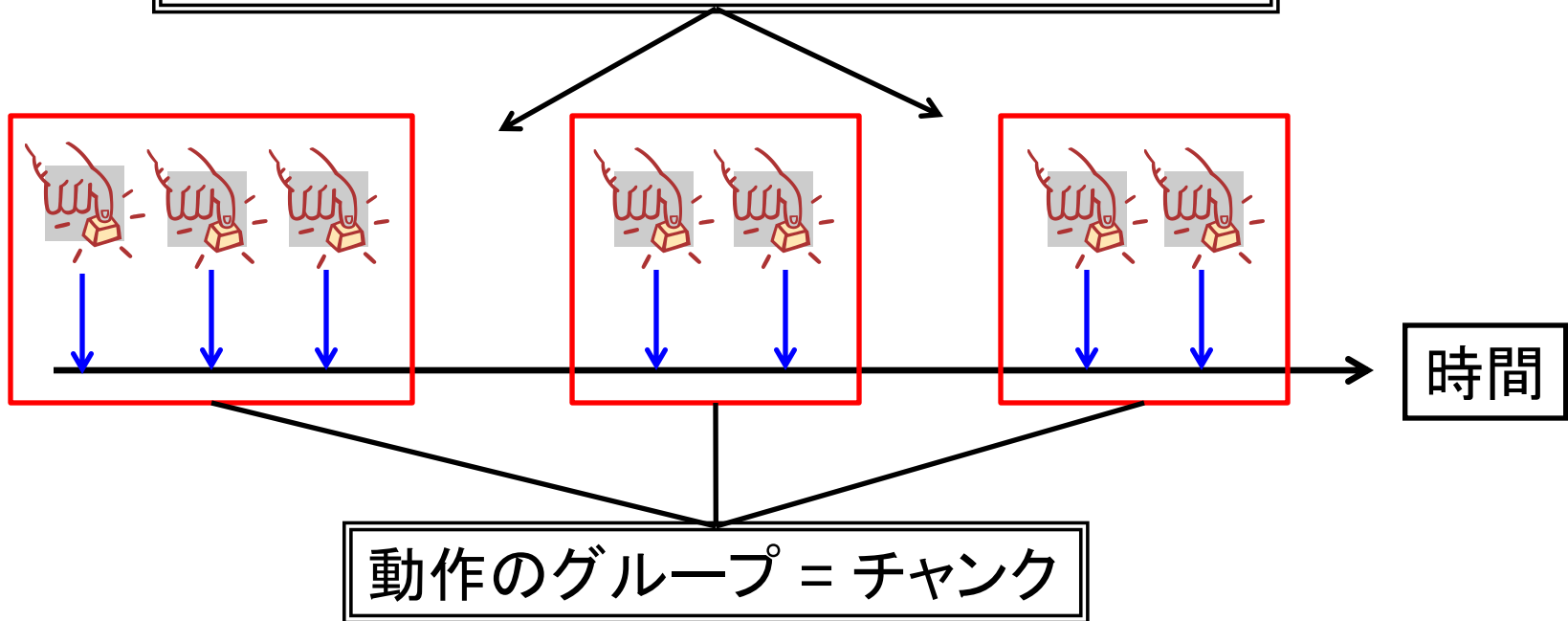
はじめに

- 日常生活において、学習により習得した多種多様な行動を行っており、これら一連の動作の記憶は手続き記憶と呼ばれる
- 言語的な記憶にはチャンクを基盤とした記憶構造があることが知られているが、手続き記憶の記憶構造については不明な点が多い

先行研究

- 視覚情報を参照して一連の決められた動作を行う視覚運動性手続き記憶に関して、一連の動作が複数のグループに分かれることが示されている
(Koch & Hoffmann, 2000; Sakai et al., 2003)
- 決められた順序でボタンを押す課題を実験参加者に課し、分析を行った

反応時間が長い部分 = チャンクの切れ目



・ 問題点

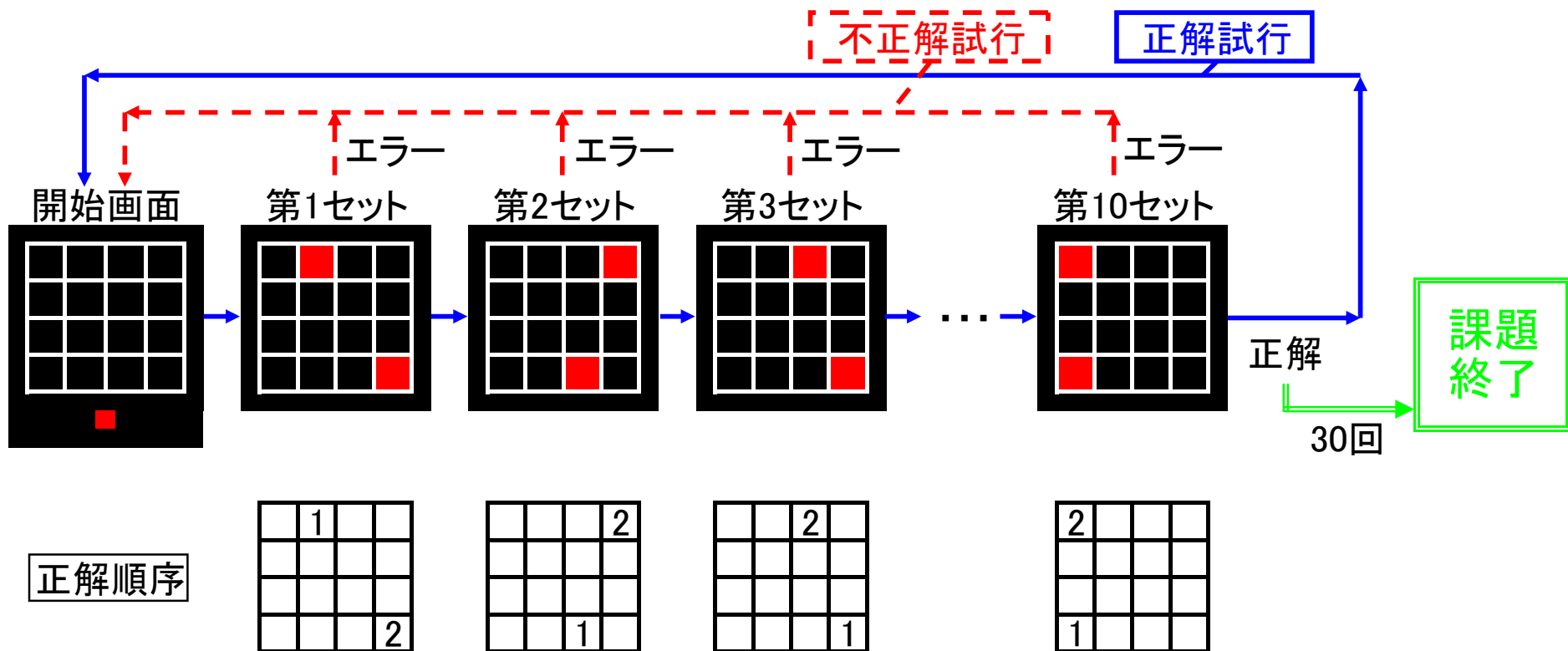
- ボタン押しを実行する指や押すべきボタンの配置などの影響を受けると考えられ、チャンクを正確に捉えられない可能性がある

本研究の目的

- ボタン押し実行時の手先の動きを加速度センサで計測したデータによってより正確にチャンク構造を推定する方法を検討する
 - ― 仮説1: チャンクの先頭である動き
手の動きが一瞬止まるなど特徴的な動きが見られることが考えられる
 - ― 仮説2: チャンクの途中である動き
手の動きは無駄のない動きとなり、繰り返しにより一定の動きとなると考えられる

実験

実験手続き



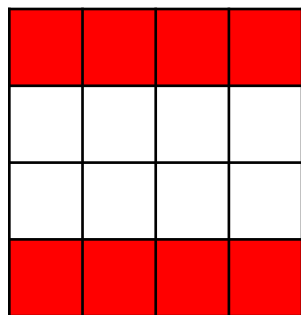
(1: セット内の第1ボタン押し、2: セット内の第2ボタン押し)

図1. ボタン押し課題(2 x 10課題)の手続き(Hikosaka et al., 1999)

ボタン押し系列の作成

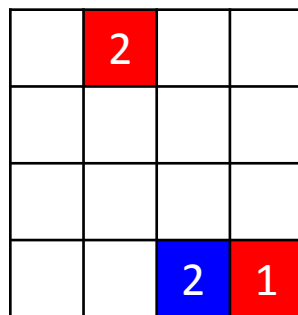
- 連続するボタン押し間の手の動きの特徴を明瞭に捉えるために、ボタン押し系列に以下の制約を設けた

制約1



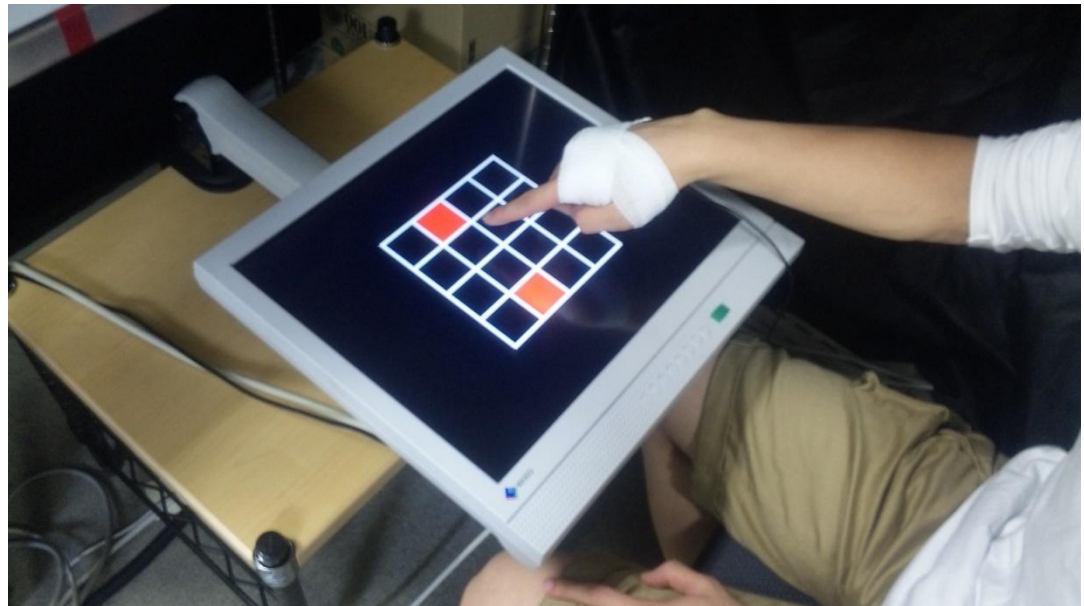
1行目と4行目だけ利用

制約2



10セット中7セット 10セット中3セット

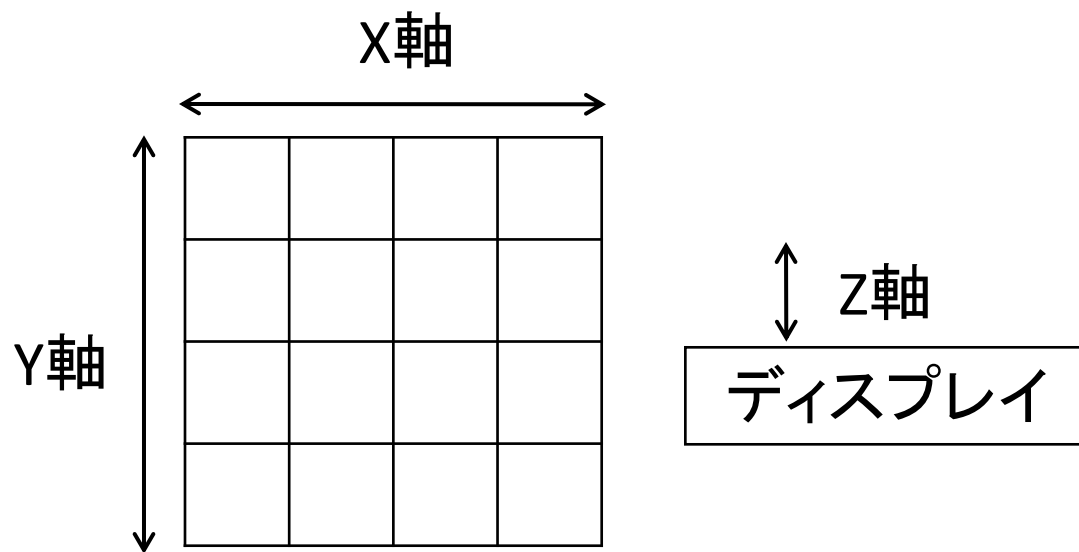
前セットの2番目に押したボタン(青)
当該セットのボタン(赤)



- 装置

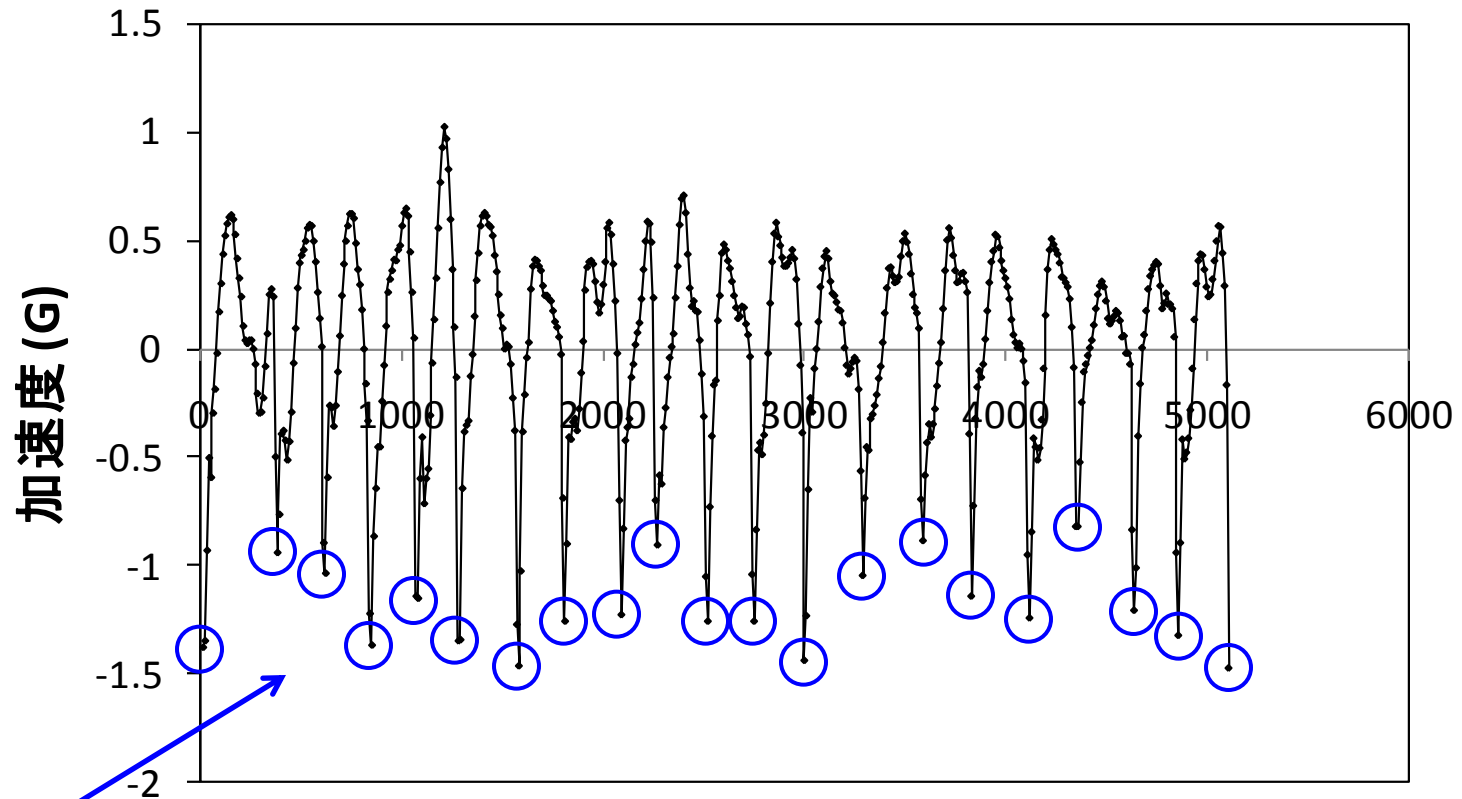
- ー タッチパネルディスプレイ

- ー 3軸加速度センサ(データは100Hzで記録)



- 実験参加者
 - 2名（男性1名、女性1名、年齢21～23歳、右利き）
- 練習用系列を用いて正解試行が10回に達するまで練習し、実験用の2系列を用いて課題を行った
- 利き手の人差し指1本でボタンを押すこと、できるだけ素早くかつ正確に遂行することを教示した

加速度データの処理



各ピークの間隔を
反応時間と比較

図2. 2 x 10課題遂行時における加速度(z軸)
(実験参加者1系列1正解試行30回目)
(縦軸: 加速度(G)、横軸: 時間(ms))

表1. 加速度ピークの間隔と反応時間の比較(単位: ms)
(実験参加者1系列1正解試行30回目)

セット 番号	ボタン 番号	加速度 ピーク	反応時間
1	1	380	364
	2	240	234
2	1	230	228
	2	220	240
3	1	210	198
	2	300	298
4	1	230	244
	2	270	266
5	1	180	178
	2	250	244

セット 番号	ボタン 番号	加速度 ピーク	反応時間
6	1	230	236
	2	250	250
7	1	290	302
	2	300	296
8	1	240	244
	2	290	288
9	1	230	238
	2	290	278
10	1	220	226
	2	250	250

この場合の加速度ピークの間隔と反応時間の最大差は20ms

- 各軸の加速度データを各ボタン押し動作に分けた
 - ー Z軸の各加速度ピークの間隔と各ボタン押し反応時間を比較したところ、ほぼ一致した(表1)
 - ー このZ軸のピークをもとに、X軸およびY軸の加速度データを各ボタン押し動作に分けた
- Y軸方向の加速度を積分した速度プロファイルを作成し、以降の検討を行った

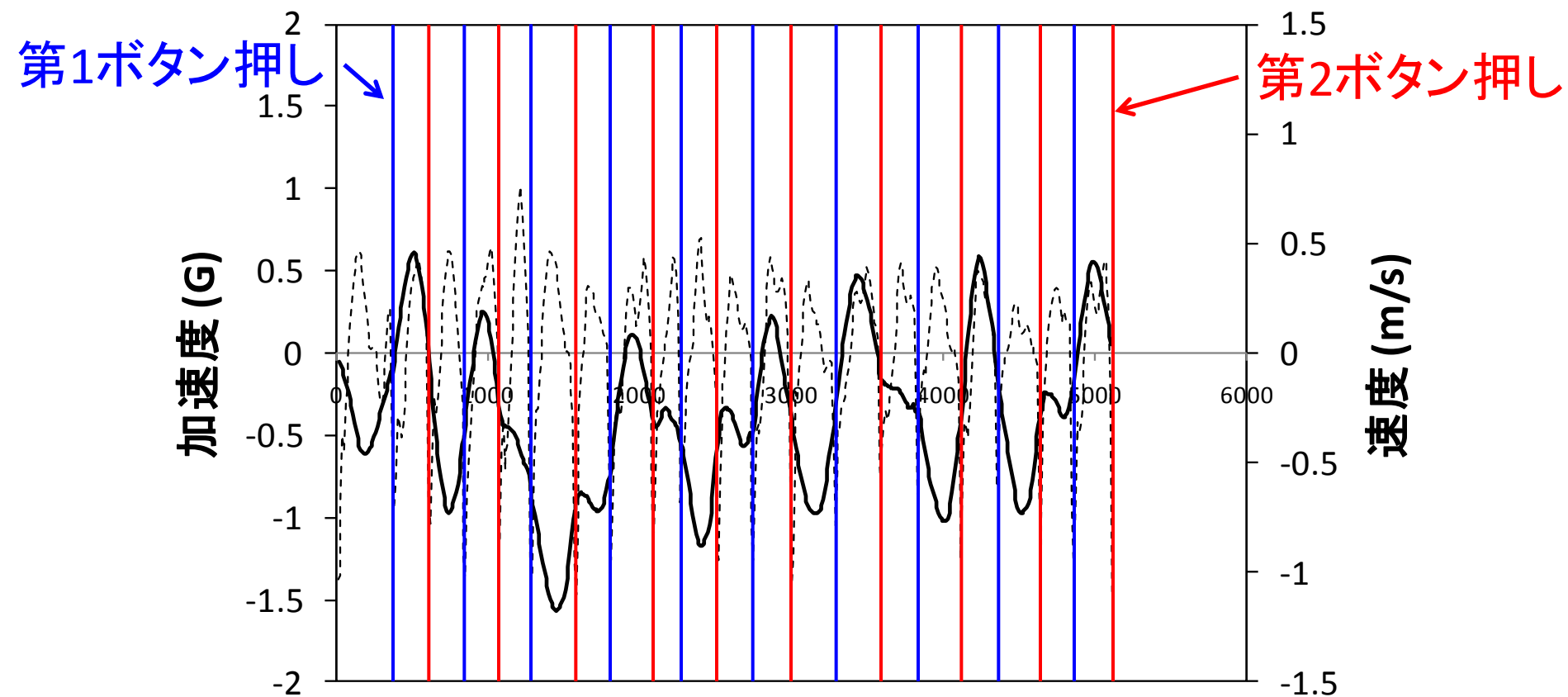


図3. 2 x 10 課題遂行時における速度 (Y軸) と加速度 (Z軸) のプロフィール
 (実験参加者2系列1正解試行30回目)
 (実線: Y軸方向の速度, 点線: Z軸方向の加速度)
 (右縦軸: 速度(m/s), 左縦軸: 加速度(G), 横軸: 時間(ms))

結果

ボタン押しの速度プロフィール

- 第2ボタン押しに該当する部分は常に一定の形を描く
- 第1ボタン押しに該当する部分はいくつかの特徴的な形に分かれる

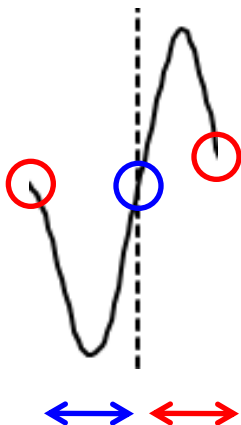
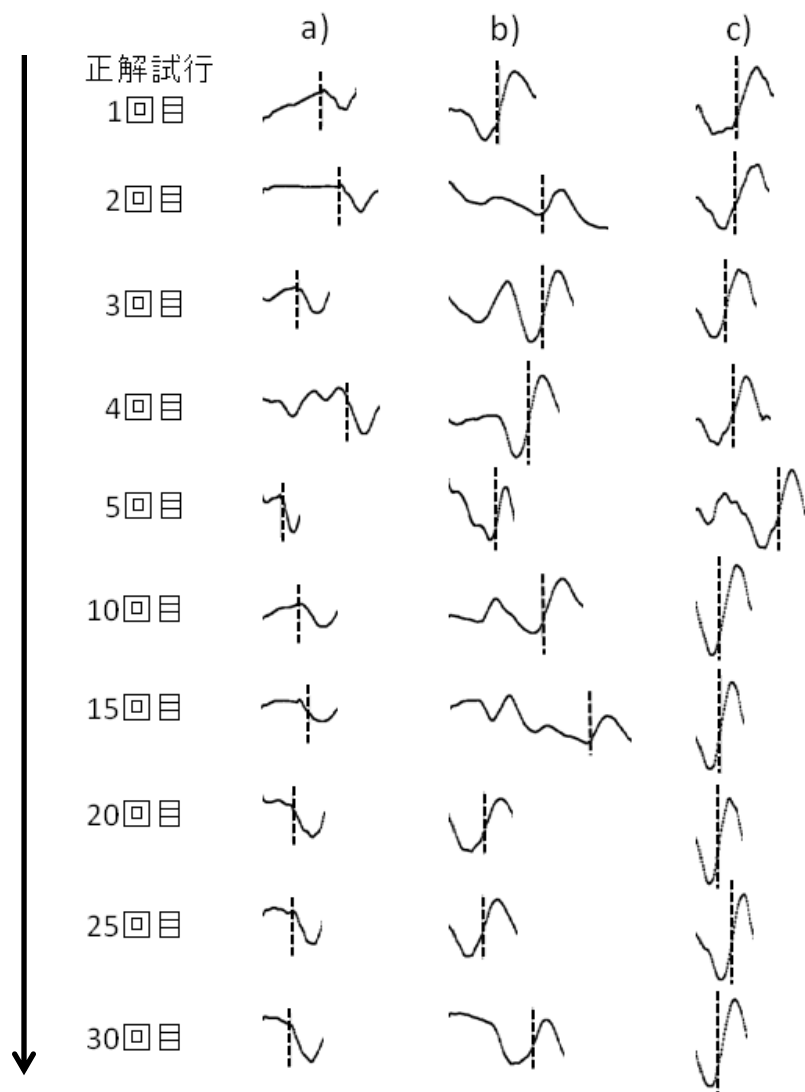


図4. Y軸方向の速度プロフィールの例
(実験参加者2系列1第7セット正解試行30回目)

第1ボタン押し 第2ボタン押し

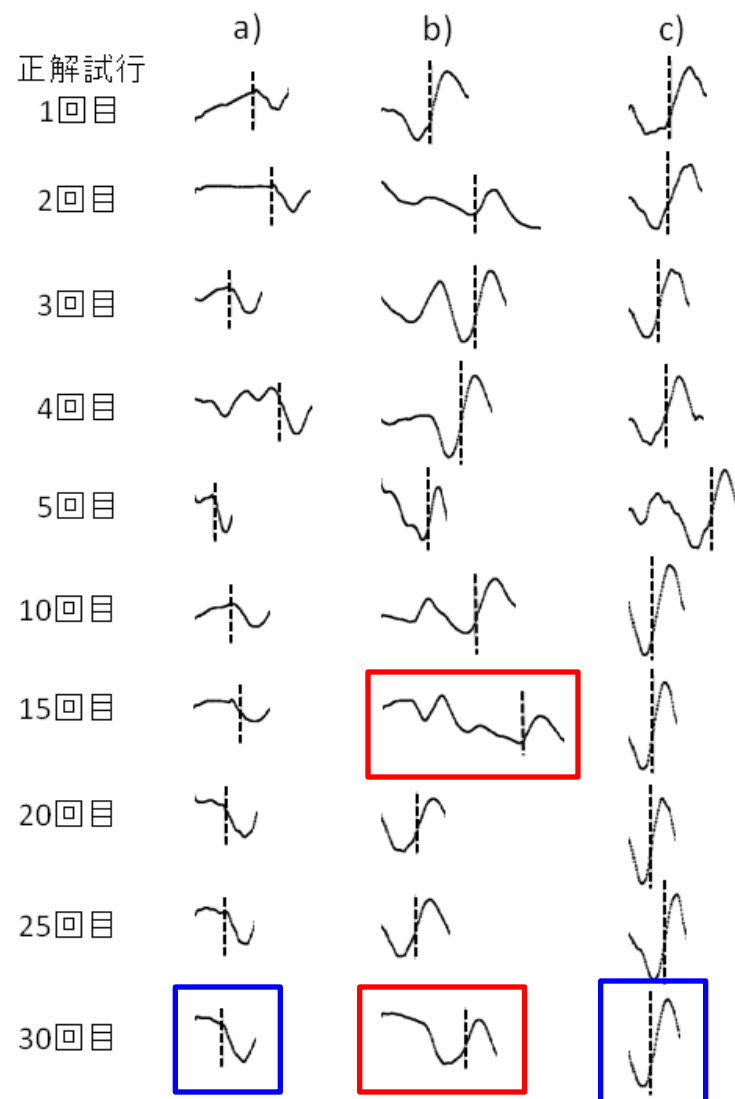


- aとbについて
同一実験参加者・同一系列
別セット
- aとcについて
同一系列・同一セット
別実験参加者

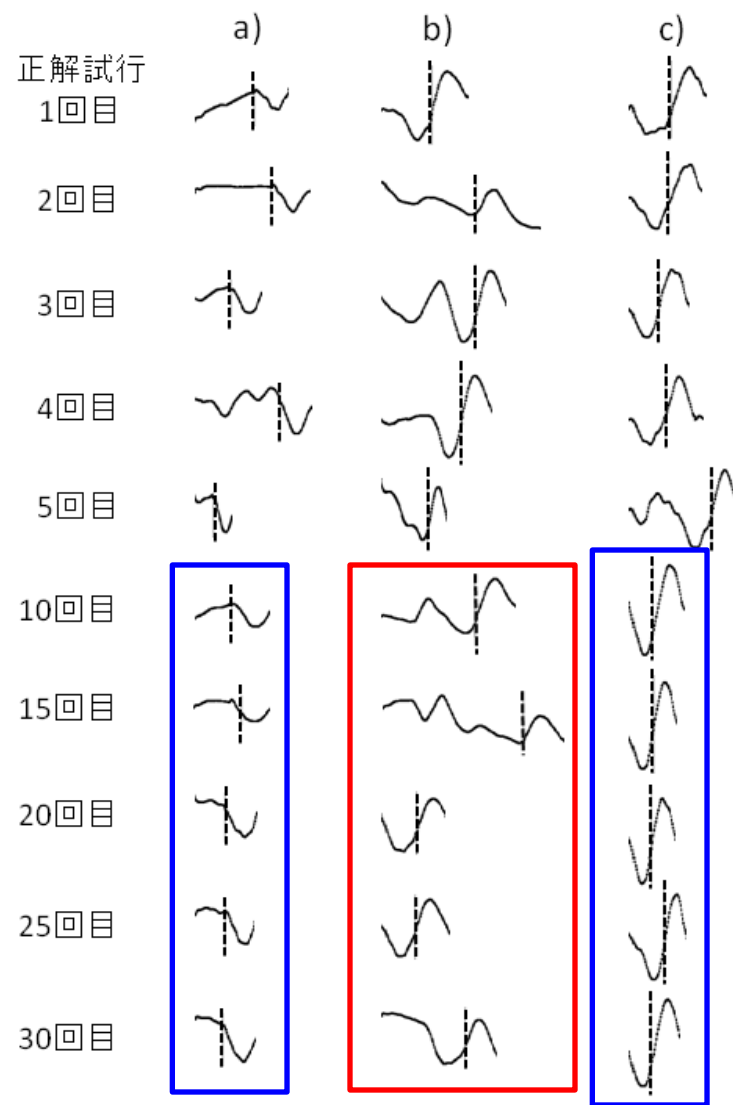
図5. 正解試行におけるY軸方向の
速度プロフィール

- a) 実験参加者1系列1第8セット
- b) 実験参加者1系列1第7セット
- c) 実験参加者2系列1第7セット

- 第1ボタン押しについて
 - Y軸方向にほとんど振れずに時間も短い形や滑らかに山あるいは谷を描く形が多数見られた(青)
 - いくつか凹凸を含む場合や横ばいを経て山あるいは谷を描く形が一部見られた(赤)



- 試行の繰り返しに伴う速度
プロフィールの変化
 - 後半の試行では常に同じ
形を描く(青)
 - 後半の試行でも試行ごと
に異なる(赤)



- 速度プロファイルの特徴
 - ー 速度プロファイルが一定の形に収束するセットの第1ボタン押しのプロファイルは滑らかな形を描く
 - ー 一方で、収束しないセットの第1ボタンのプロファイルは、しばしば凹凸があったり横ばいを含んだ形を描いたりする
 - ー この特徴の違いは、実験参加者の特性に依存せず、系列全体にわたって見られるものでもセットのボタン配置などの性質によるものでもない

反応時間によるチャンクの推定

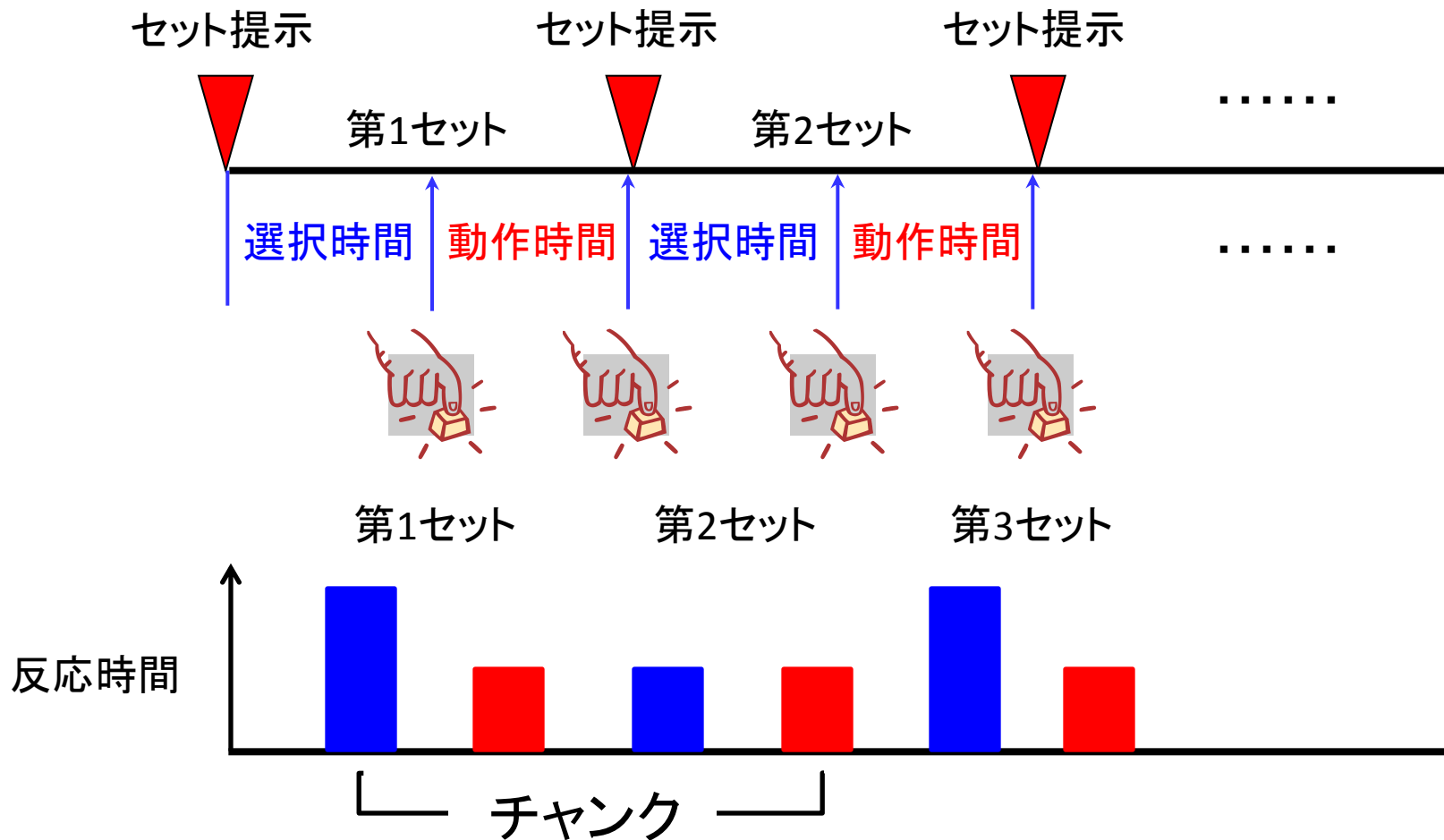
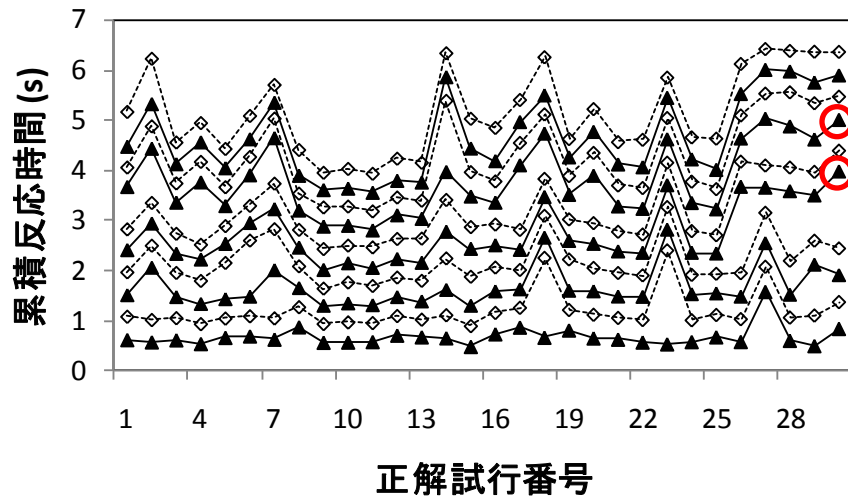


図6. ボタン押しタイミングの分類 (Sakai et al., 2003)

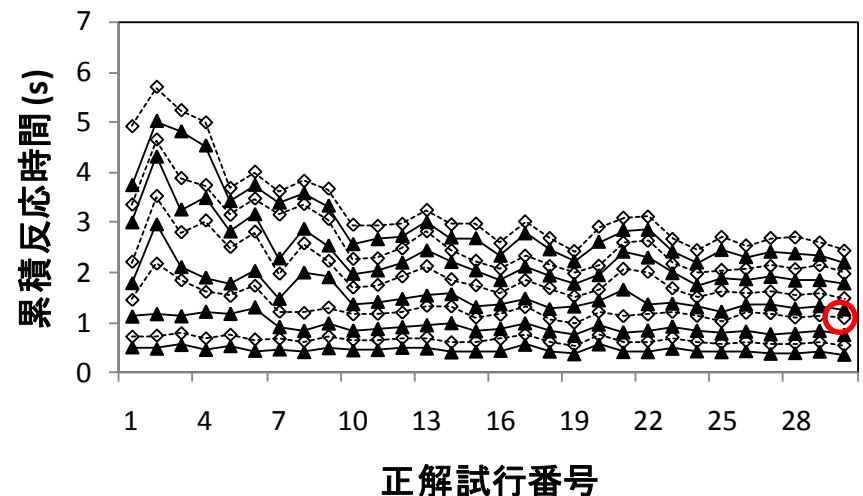
累積選択時間

実験参加者1系列2



チャンク先頭の
第5セット、第7セット

実験参加者2系列2



チャンク先頭の
第4セット

図7.2 x 10課題遂行時の累積選択時間

考察

手の動きによるチャンクの推定

- ・ チャンクの先頭であるボタン押しの場合
 - ー チャンク全体の手続きを読み出してから動作を行うことが考えられる
 - ー このとき、手の動きは一瞬止まる、あるいは、不規則な動きをするといった特徴的な動きが見られることが考えられる



図5bにこのような特徴的な動きが見られたので、
手の動きからチャンクの先頭となるボタン押しを
推定できる可能性がある

- ・ チャンクの途中であるボタン押しの場合
 - ー ボタン押しを実行するときには一連の手続きの中の一動作となっていると考えられる
 - ー このとき、手の動きは無駄のない動きとなり、ボタン押しを繰り返すことにより一定の動きとなると考えられる



図5a, cにこのような動きが見られたので、
手の動きからチャンクの途中である
ボタン押しも推定できる可能性がある

チャンク推定方法の比較

- これまでのボタン押し課題を用いたチャンクの推定
ー 選択時間が他のセットに比べて長いところをチャンクの先頭とする (Sakai et al., 2003)
- 従来のこの方法と、本研究による手の動きに基づきチャンクを推定する方法を比較する

表2. 各チャンク推定方法によりチャンクの
先頭と推定したセットの比較

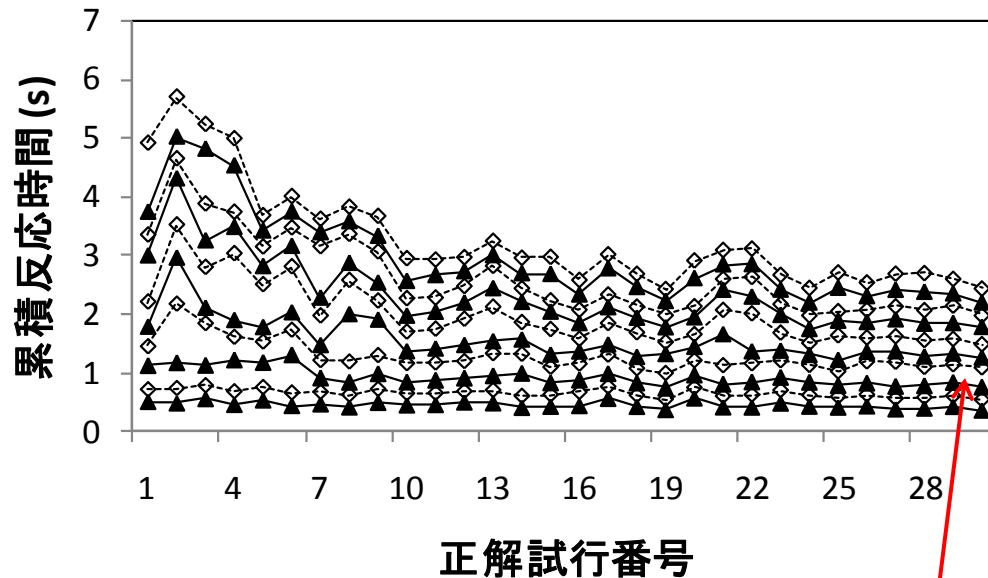
		手の動きに よる推定	選択時間 による推定
実験 参加者1	系列1	第7, 9セット	第7, 9セット
	系列2	第5, 7セット	第5, 7セット
実験 参加者2	系列1	なし	第9セット
	系列2	なし	第4セット

実験参加者1: チャンクの前頭は一致する

実験参加者2: チャンクの前頭が一致しない

例：実験参加者2系列2のチャンク推定

反応時間による方法



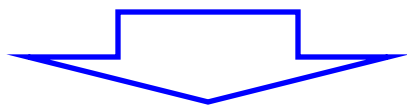
第3セットと第4セットの選択時間の間隔が開いていて、第4セットがチャンクの切れ目かどうかあいまい...

手の動きによる方法



第4セットの速度プロファイルは滑らか

- ・ このセットの選択時間が長いのは、手の移動距離がやや長いためであり、チャンクの先頭と判断すべきではないことが考えられる



反応時間ではあいまいな部分も、速度
プロファイルを見ることにより明確に
チャンクの推定ができる可能性がある

まとめ

1. ボタン押し課題遂行時の手先の動きから、視覚運動性手続き記憶のチャンクが推定できることを示した
2. 従来の反応時間に基づく推定方法と比べて、より明確にチャンクを捉えられると考えられる
3. この手法によりチャンクが形成される過程などが明らかになる可能性がある