

Model Human Processor と運動準備電位の矛盾点の検証

Verification of Contradiction between Model Human Processor and Readiness Potential

清水 菜々子^{*1}, 東野 利貴^{*2}, 曾我 真人^{*1}

Nanako SHIMIZU^{*1}, Toshitaka HIGASHINO^{*2}, Masato SOGA^{*1}

^{*1}和歌山大学システム工学部

^{*1}Faculty of System Engineering, Wakayama University

^{*2}大阪大学大学院情報科学研究科

^{*2}Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

Email: s206128@wakayama-u.ac.jp

あらまし：人間の認知処理過程をモデル化したものに、Card らの Model Human Processor (MHP) がある。しかし、この MHP は経験則から処理時間を予測したものであり、脳活動の側面からはあまり検討されていない。本研究では、特徴的な脳波である運動準備電位に着目し、単純反応、物理的照合反応、名称照合反応、カテゴリー照合反応と呼ばれる 4 つの基本的ユーザ・パフォーマンスを行っているときの脳波を計測することで、脳活動の側面から MHP の妥当性の検証を行った。

キーワード：Model Human Processor, 運動準備電位, 脳波, 基本的ユーザ・パフォーマンス

1. はじめに

人間の認知処理過程のモデルとして Model Human Processor (MHP) が Card らによって構築され、システムのユーザビリティを評価するために利用されている⁽¹⁾。しかし、MHP は経験則に従い処理時間を予測したものであり、脳活動の側面からはあまり検討されていない。そのため、MHP を用いてユーザビリティを評価したシステムが脳活動の側面からも使いやすいものであるかどうかは保証されていない。そこで本研究では、脳活動の側面から MHP の妥当性について検証を行う。

2. 研究目的

MHP では、認知処理における知覚に要する平均時間を 100ms、認知に要する平均時間を 70ms、運動に要する平均時間を 70ms として定めている。そこで、MHP を用いて、人間の 4 つの基本的ユーザ・パフォーマンスである単純反応、物理的照合反応、名称照合反応、カテゴリー照合反応を表すと図 1 に示すようになる⁽²⁾。なお、単純反応は何らかの視覚刺激が呈示されたときに行う反応、物理的照合反応は呈示された記号が事前に記憶していた記号と同じときに行う反応、名称照合反応は呈示された文字が事前に記憶していた文字と同じ名前で見ることができるときに行う反応、カテゴリー照合反応は呈示された文字が事前に記憶していたカテゴリーと同じカテゴリーで見ることができるときに行う反応のことである。また、図 1 から分かるように、これら 4 つの反応は、反応決定と呼ばれるプロセスを伴っている。

ここで、運動準備電位 (Readiness Potential: RP) と呼ばれる特徴的な脳波について説明する。RP は、Kornhuber らによって発見された脳波であり、反応決定を伴う運動 (随意運動) に 550ms 先立って出現

する陰性の電位変動である⁽³⁾。そのため、先程挙げた 4 つの反応中には RP が出現すると考えられ、またその位置は、図 2 のようになると考えられる。

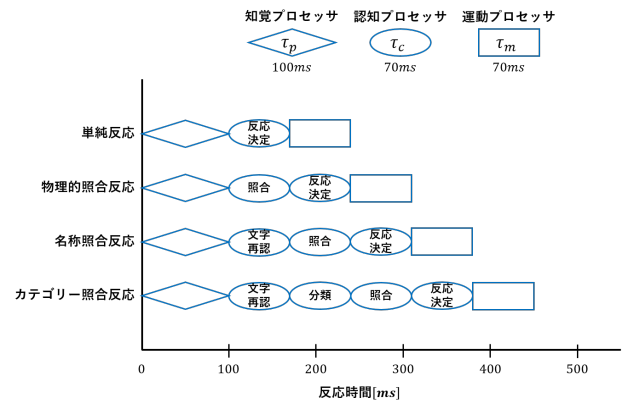


図 1 MHP を用いてモデル化した 4 つの反応

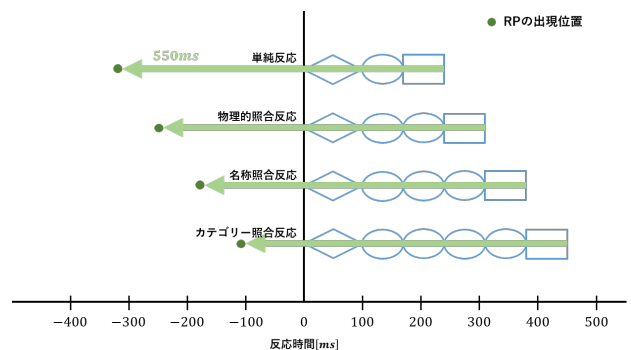


図 2 4 つの反応における RP の出現位置 (矢印は随意運動から 550ms 前を示す.)

MHP において、脳内で運動の準備が行われるのは、認知プロセッサの区間である。つまり、RP は認知プロセッサの区間に出現すると考えられる。しかし、

図2に示すようにRPの出現位置は認知プロセッサよりも前になっており、矛盾している。そこで、本研究では、4つの反応に対応する実験を構築し、その実験中の脳波を計測してRPの出現位置を確認することで、この矛盾点について検証を行った。

3. 実験手法

4つの反応に対応する4つの実験を構築し、実験中の被験者の脳波を計測した。実験では脳波計を装着した被験者に視覚刺激を呈示し、事前に教示した視覚刺激（ターゲット刺激）が呈示されたらマウスの左クリックを、それ以外の視覚刺激が呈示されたら右クリックを行ってもらった。各実験における視覚刺激、ターゲット刺激を表1に示す。

表1 視覚刺激とターゲット刺激

	視覚刺激	ターゲット刺激
単純反応	●	●
物理的照合反応	A, B, C, a, b, c, 1, 2, 3	B
名称照合反応	A, B, C, D, E, a, b, c, d, e, 1, 2, 3, 4, 5	/di:/と読む記号(D, d)
カテゴリー照合反応	A, B, C, D, E, a, b, c, d, e, 1, 2, 3, 4, 5	子音(B, C, D, b, c, d)

4. 実験結果

4つの反応における脳波の総加算平均波形およびRPが出現し始めた位置（波形の振幅が有意に負に振れ始めた位置）を図3に示す。0msはマウスクリックのタイミングを、赤線は視覚刺激呈示のタイミングを示している。縦軸は振幅(μV)、横軸は時間(sec)である。なお、水色の区間は、帰無仮説を「平均がゼロで分散が未知の正規分布ある」として1標準t検定を行い、有意水準5%で棄却された区間である。

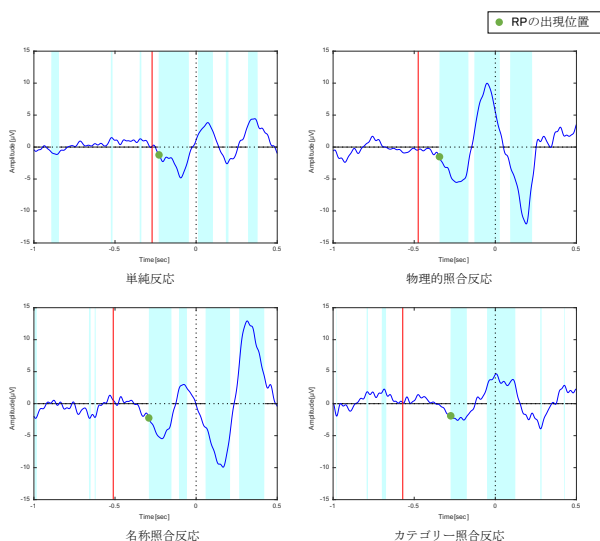


図3 4つの反応における脳波とRPの出現位置（緑色の○はRPの出現位置を示す。）

5. 考察

MHPを用いた4つの反応のモデル、RPの出現位置、

マウスクリックの位置を図4に示す。なお、図4において0msは視覚刺激呈示のタイミングである。物理的照合反応、名称照合反応、カテゴリー照合反応では、認知プロセッサの区間でRPが出現した。そのため、物理的照合反応、名称照合反応、カテゴリー照合反応においては、MHPは脳活動の側面から見ても問題がないといえる。一方、単純反応では、知覚プロセッサの区間でRPが出現した。単純反応は、視覚刺激が呈示されたらマウスクリックを行うという、他の3つの反応と比較しても非常に簡単な反応である。そのため、実際に視覚刺激を知覚するよりも前から、マウスクリックをしようという準備状態に脳内でなっていた可能性が考えられる。しかし、脳内がマウスクリックの準備状態にあったとしても、実際にクリックを行うかどうかの決定を行うのは、視覚刺激を知覚した後と考えられるため、単純反応の認知処理過程を「知覚→認知(反応決定)→運動」と予測したMHPのモデルに間違いはないと考えられる。

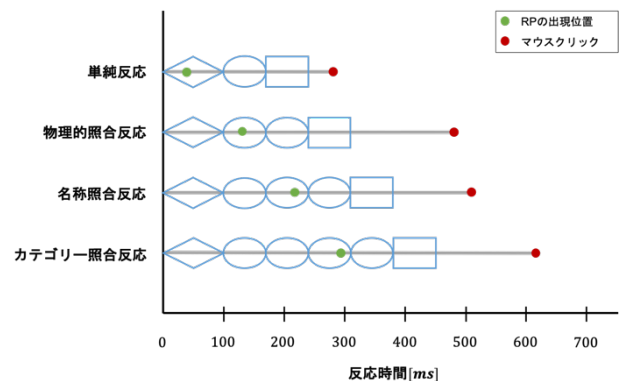


図4 4つの反応のモデルとRPの出現位置

6. まとめ

本研究では、4つの基本的ユーザ・パフォーマンスに対応する実験を構築し、実験中の脳波を計測してRPの出現位置を確認することで、経験則的に導かれたモデルであるMHPが脳活動の側面からも正しいかどうかを検証した。実験の結果、MHPは特徴的な脳活動であるRPの側面からも概ね説明できることが分かった。

7. 参考文献

- (1) Stuart K. Card, Thomas P. Moran, Allen Newell: "The Psychology of Human-Computer Interaction", Crc Press (1983)
- (2) 古谷康一, 溝口文雄: "インタフェースの科学 (知識情報処理シリーズ5)", 共立出版, pp.49-76 (1987)
- (3) Hans H. Kornhuber, Lüder Deecke, "Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passive Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und refferente Potentiale", Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, 第284巻, pp.1-17 (1965)