

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目 幼・小児期における視標追跡描円運動能力の経時的発達に関する研究  
(Study on the process of development with aging for the visual tracking ability in infancy)

熊本大学大学院自然科学研究科 システム情報科学専攻 電気電子システム講座  
(主任指導 村山 伸樹 教授)

論文提出者 橋爪 一治  
(by Kazuharu Hashitsume)

主論文要旨

《本文》

日常において、われわれが描画や書字などの上肢における随意運動を滑らかに行うためには、各運動器官が中枢神経系および末梢神経系により正しく調節（協調運動）されている必要がある。

この上肢の協調運動機能の発達については、特に中枢神経系の機能発達が強く影響する。Mann(1984)は脳重量について公表されたデータを分析し、脳重量が加齢に伴い指数関数に増加することを示した。また、Dobbing と Sand (1973)は、脳の主要な領野の重さ、DNA、コレステロールおよび水分含有量が出生前後から指数関数に発達し、中でも小脳の出生直後の発達が急激であると報告している。Eyre ら(1991)は、ヒトの大脳皮質運動野と頸部脊柱に磁気刺激を与え、上腕二頭筋及び小指球筋から筋電図として得られた運動誘発電位(以下「MEP」)を計測し、錐体路細胞の発達過程が MEP の潜時の短縮と閾値の低下として現れることが示唆されると報告している。一方、Koh と Eyre(1988)は、大脳皮質運動野を磁気刺激して小指外転筋から MEP の潜時を記録し、10 歳頃まで運動神経の伝導速度は直線的に増加し、その後、成人における運動神経の伝導速度に達するとしている。また、尾崎(2000)は、幼・小児期の上肢の発達の仕方が筆記具の操作としてあらわれる様子を捉えるため、2 歳 6 か月から 5 歳 9 か月までの幼児を対象に、ペンで円を塗りつぶす課題を行い、関節運動に注目して検討した。その結果、加齢とともに、近位の肩関節運動や肘関節運動から遠位の手関節運動、さらにもっとも遠位の指関節運動へと収斂していく様相を捉えた。しかしながら、加齢による発達を定量的に解明するには至っていない。

本論文では、村山ら(1993)が開発した上肢運動機能評価システムを用いて、幼・小児に視標追跡描円運動課題を課し、その結果を、ずれ、遅れ、描画の滑らかさ、振戦及び筆圧等のパラメータにより分析し、幼・小児期における上肢運動機能の発達過程の特徴を表すモデルの構築を行うことを目的とした。

被験者は 3 歳から 12 歳の 869 名および対照として 20 歳代の 75 名である。

被験者のうち、457名には、画面内で半径2cmの円周上を時計回りに1.47cm/secの速度で25.6秒かけて3周する視標追跡等速描円運動課題を、残りの487名には、ディスプレイ上の半径4cmの軌道上を2.95cm/secの速度で3周する同じ課題が課された。描いた軌道から12パラメータ（動径成分ずれ平均/標準偏差・偏角成分ずれ平均/標準偏差・移動距離平均/標準偏差・ $x$ 成分加速度パワースペクトル残差二乗和・ $y$ 成分加速度パワースペクトル残差二乗和・筆圧平均/標準偏差・筆圧変化平均/標準偏差）を抽出した。

これらのパラメータに対して因子分析を行ったところ、半径2cmの課題では3因子に分類された。すなわち、第1因子として描画巧緻性、第2因子として顫動安定性、第3因子として筆圧安定性が抽出された。次に、これらの因子と経年性との関係を調べた結果、描画巧緻性および顫動安定性は指数関数的な推移を示すとともに、標準偏差が小さくなることがみられた。筆圧安定性は直線的発達を示すものの、6~7才を境とする2段階の発達傾向がみられた。また、その標準偏差は経年性とは関係なく一定であった。

半径4cmの課題では、4因子が抽出された。すなわち、上記の3因子に加えて追跡巧緻性が抽出された。ここでは、描画巧緻性と顫動安定性および筆圧安定性は指数関数的な発達を表し、追跡巧緻性は、4歳までの低年齢期に急激に発達し、一旦5~8歳で発達が安定するものの、9歳から発達が再開される2段階の発達がみられた。

これらの結果から、幼・小児期の上肢運動機能のうち描画巧緻性と顫動安定性については、年齢が増加するにつれて指数関数的に発達するとともに、中枢神経系のフィードバック機構の発達も加わり運動能力の個人差が減少することが示唆される。筆圧については6~7歳まで急速に発達し、その後、小学校での教育により一定になることが示唆された。一方、標準偏差が減少を示さなかったのは、検査中の筆圧の変動が被験者自身にフィードバックされないことが原因と思われる。追跡巧緻性については、2段階の発達傾向があった。これは、ターゲットの動きを予測して追跡を行うといった点で巧緻性とは少し異なる運動追跡能力を必要とし、動いている視標を捉える眼球運動機能の発達が関与するとともに、や内部モデル理論のうちフィードバック制御である順モデルの発達を示唆している。

以上により、本論文は、幼・小児期の視標追跡描円能力の発達過程を定量的に評価するとともに、その特徴を表すモデルを構築することができた。