

# Wisconsin card sorting testの諸手法と 発達障害への臨床応用

加戸 陽子 ・ 松田 真正 ・ 眞田 敏\*

ウィスコンシンカード分類テスト (WCST) には種々の手法があり、これらの異なる手法に基づく研究成績の解釈は必ずしも容易ではない。そこで、本研究はWCSTの諸手法の変遷を整理するとともに、脳機能画像研究によるWCST遂行中の脳機能局在の解明に関する研究および発達障害への臨床応用に関する研究動向についても展望することを目的とした。WCSTは1948年のBergによる最初の報告以降、反応カード数や教示法、評価手続きなどの違いによる種々の異なる手法が存在し、さらにコンピューターによる新たな形式が開発されており、従来の手法との検査成績の異同の解明は未だ不十分である。画像検査では前頭連合野の背外側部における活性化が示され、ワーキングメモリーや抑制系との関連が推測された。発達障害児・者を対象とした臨床応用では、障害種および亜型による成績の相違や発達の變化などに関する知見が報告されているが、手法の違いに基づく違いについても考慮する必要性が指摘された。

**Keywords :** WCST (Wisconsin card sorting test), developmental disorder, PDD (Pervasive developmental disorder), AD/HD (Attention deficit/ hyperactivity disorder), neuroimaging

## 1. はじめに

ウィスコンシンカード分類テスト (Wisconsin card sorting test : WCST) は主に Weigl<sup>1)</sup>, Goldstein-Scheerer<sup>2)</sup> や Vigotsky<sup>3)</sup> らの分類テストから発展した神経心理学的検査法であり、Milnerをはじめとした報告者らはWCSTを種々の疾患群に施行し、特に前頭葉損傷後の認知障害の研究において有用な評価手法であることが確認<sup>4)</sup>され、前頭葉もしくは前頭連合野機能評価法として期待されるようになった<sup>5)</sup>。WCSTは最も高次の知的機能を支える前頭葉機能の中でも特に概念形成<sup>6)</sup>、概念またはセットの変換<sup>7), 8), 9)</sup> および維持<sup>9)</sup>、問題解決方略の進展に周囲の反応の利用<sup>7)</sup>、不適当な反応の抑制<sup>6), 7)</sup>、気を散らすことなく関連のある次元の刺激に選択的に注意

を向ける<sup>7)</sup>など、思考の柔軟性に関する実行機能の評価手法とされる。今日では広汎性発達障害 (Pervasive developmental disorder : PDD) や注意欠陥多動性障害 (Attention deficit / hyperactivity disorder : AD/HD) などの特殊教育の領域での対応が必要とされる各種発達障害を伴う子どもへの臨床応用も試みられており、その成果を反映した適切な支援法の構築が期待されている。WCSTは今日まで様々な改良や取り組み手法の開発がなされており、具体的施行方法や評価指標は多岐にわたっている。その結果、種々のWCSTを用いた発達障害児・者の研究成果の解釈は必ずしも容易ではない。

そこで、本論文ではこれまでのWCSTの方法や評価指標に関する様々な変遷を整理するとともに、発

---

兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科 博士課程

\*岡山大学教育学部障害児教育講座 700-8530 岡山市津島中3-1-1

Various Types of Wisconsin Card Sorting Test and Its Clinical Applications for Developmental Disorders

Yoko KADO, Shinsho MATSUDA and Satoshi SANADA\*

The Joint of Graduate School (Ph. D. Program) in Science School Education, Hyogo University of Teacher Education, Department of Special Education, Faculty of Education, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama 700-8530.

\*Department of Education for Handicapped Children, Faculty of Education, Okayama University, 3-1-1 Tushima-naka, Okayama 700-8530

達障害に関する臨床応用を概観し、併せて最近の Positron emission tomography (PET), Single photon emission computed tomography (SPECT), functional MRI (fMRI) などの画像検査による WCST の課題遂行中の脳機能局在の解明に関する研究成果についても展望することを目的とした。

## 2. WCSTの各種実施方法および評価法について

WCSTは様々な改良や取り組み手法の開発がなされていることから、これまでに報告されたWCSTの諸形式について報告年代順に整理し、Table 1 に示した。

Berg<sup>10)</sup> は主に Weigl<sup>1)</sup>, Goldstein-Scheerer<sup>2)</sup> や Vigotsky<sup>3)</sup> らの報告において用いられた既存の手法の諸特性の組み合わせに基づき WCST を考案した。その形式は 4 枚の刺激カードと 60 枚の反応カードから構成され、各々のカードは色 (赤・緑・黄・青)、形 (三角・星形・十字・丸)、数 (1・2・3・4) が異なる図形で印刷されている (Fig 1 参照)。手続きは被検者が反応カードを色・形・数のいずれかのカテゴリに基づいて分類し、反応カードを置くと

びになされる検査者の「あっている」・「違っている」という反応を手がかりとして、それらのカテゴリを柔軟に切り替えていくことを求める。検査者は 5 枚連続正答が続いた後に、被検者に予告することなく一定のルールに基づきカテゴリの変更を行っていく。合計 9 回のカテゴリ達成ができれば終了するが、反応カードを全て使用した時点でこの基準が満たされなければ再度反応カードを切り直し被検者に手渡し分類するよう求める。

Grant & Berg<sup>11)</sup> は、反応カードの枚数を 64 枚に増し、カテゴリの変換順序を規定し、The University of Wisconsin card sorting test との名称で発表した。

次に 1963 年に Milner が反応カード数を 64 枚から 128 枚へと増やし、10 枚連続正答で 1 カテゴリ達成とし、6 連続カテゴリ達成もしくは反応カードを全て分類し終えるまで行い、カテゴリの変換順序を従来の色・数・形から色・形・数へと変更するなどの改訂を加えた手法<sup>4)</sup> を用いた。

Nelson<sup>9)</sup> は後述するような分類カテゴリの重複を除き、反応カード数を 48 枚に削減した Modified card sorting test (MCST) を報告した。MCST はカ

Table 1 WCSTの諸手法

	報告者 (名称・年代)	内容 (道具・評価手続き・呈示法等)・備考
1	Berg (Berg考案によるオリジナル・1948)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード60枚</li> <li>5枚連続正答でカテゴリを変換</li> <li>9カテゴリ達成で終了</li> <li>思考の柔軟性評価法として報告される</li> </ul>
2	Grant & Berg (The University of WCST・1948)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード64枚</li> <li>6カテゴリ達成で終了</li> </ul>
3	Milner (WCST・1963)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード128枚</li> <li>10枚数連続正答でカテゴリを変換</li> <li>6カテゴリ達成で終了</li> </ul>
4	Nelson (MCST・1976)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード48枚</li> <li>カテゴリの重複を削減</li> <li>6枚数連続正答でカテゴリを変換</li> <li>6カテゴリ達成で終了</li> <li>新たな保続性のエラーを評価する指標を加える</li> </ul>
5	Heatonら (WCST・1993)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード128枚</li> <li>適用年齢: 6-89y 商品化</li> <li>WCST-64 Card Versionもあり、WCSTとともに各々のコンピューター版も開発されている</li> </ul>
6	鹿島ら (WCST新修正・1985)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード48枚</li> <li>実施が3段階に分かれる</li> </ul>
7	鹿島ら (KWCSST・1995)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード48枚</li> <li>実施が2段階に分かれる</li> </ul>
8	小林 (WCST-Keio-F-S version・2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応カード48枚</li> <li>コンピューター版</li> </ul>

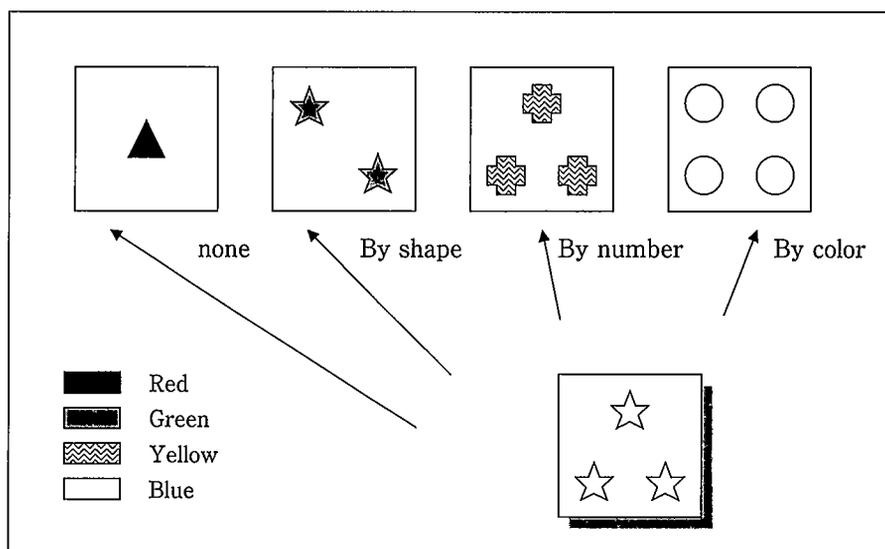


Fig 1 WCST

テゴリーが変換した際には被検者にその旨が伝えられるようにし、またMilnerによる保続性のエラーの評価に対してより純粋な保続傾向を捉える評価指標の考案を行った。

1981年にはHeaton<sup>12)</sup>が反応カード数128枚によるWCSTの反応カードの順序の標準化、刺激および反応カードの標準化、教示法の具体化、検査成績の評価手順の標準化を行い、臨床的検査法として発表した。1993年には評価規則が厳正になり、記録形式を改訂し、6～89歳までの健常児・者のデータをもとに作成された標準値を含めた最新版のマニュアル<sup>9)</sup>が公表された。Heatonによる手法に関しては反応カード数を64枚に削減した省略版(WCST-64)も作成<sup>13)</sup>され、従来のHeatonのWCSTとともにコンピューターを用いた手法も市販されている。

1985年には鹿島ら<sup>14)</sup>がMilnerによる手法の反応カード数が多く被検者が拒絶的になったり、もしくは疲労が亢進して検査を中止しなければならない場合が多いこと、分類カテゴリーの重複するカードが半数以上あり、被検者の分類カテゴリーを同定できない場合が多いこと、さらに被検者が最後まで検査の意味を把握できない場合があることなどを指摘した。そこでこれらの量的および教示法や評価法における問題点を改め、Nelsonによる修正法にさらに改良を加えたWCST新修正法を提案した。WCST新修正法の改良点は、反応カード数を128枚から48枚へと削減し、検者にとって被検者の分類カテゴリーが明確になるよう、反応カードのカテゴリーが複数の刺激カードのカテゴリーと重複するものを除き、課題の与え方を被検者に十分理解可能となるよう段階に分けて実施する等であり、所要時間も短縮

され被検者の負担が軽減されるものとなり、前頭葉機能検査としての有用性も確認<sup>9)</sup>されている。

またWCST新修正法に関し、小児への適用を十分可能にするために作成された具体的な教示法が報告<sup>15)</sup>されている。その後実施段階に関する一部修正を加え、WCST-Keio version-(KWCST)として報告<sup>16)</sup>された。

検査成績は達成カテゴリー数および誤りを指摘されたにも関わらず同じ誤りを繰り返す保続性の誤り、「あっている」といわれたにも関わらず次の反応カードを異なるカテゴリーで分類するセットの維持困難などの誤反応の質やその数によって評価される。ここで評価指標とその評価基準についてはTable 2に示した。KWCSTでは、Milner型の保続性の誤りは分類カテゴリーが変更されたにも関わらず、直前に達成された分類カテゴリーに分類を行ってしまう誤反応であるが、第1番目の分類カテゴリーが達成されるまでの場合の評価法に問題を生じるとの指摘<sup>16)</sup>がなされている。

さらに、KWCSTのコンピューターによる施行のため、WCST-Keio-F-S version<sup>17)</sup>も開発されている。WCST-Keio-F-S versionでは次の施行画面へ移るたびに、色・形・数のいずれのカテゴリーを選択したかについて声に出して答えるよう求める教示が表示されるという点で、前もって教示された分類基準に関する事柄を課題遂行中常に記憶に留めておく必要性のあるKWCSTとは一部異なっており、成績の違いとして反映されることが推測される。

従来のWCSTと比較し、反応カード数の削減による省略版については、その有効性に関する様々な見

Table 2 KWCSTの主な評価指標

評 価 指 標	評 価 基 準
達成カテゴリー数 (categories achieved : CA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>一定枚数の連続正答が達成された分類カテゴリーの数</li> <li>概念の形成および転換の程度を示す指標</li> </ul>
第1カテゴリー達成までに使用された反応カード数 (numbers of response cards until the first category achieved : NUCA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひとつの概念またはセットが形成されるまでに要した試行錯誤の段階を示す</li> </ul>
Nelson型の保続性の誤り (perseverative errors of Nelson : PEN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>直前の誤反応と同じカテゴリーに分類された誤反応数</li> <li>誤反応の保続傾向、前反応の抑制障害との関連を有する</li> </ul>
Milner型の保続性の誤り (perseverative errors of Milner : PEM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>カテゴリー達成後、分類カテゴリーが変更されたにも関わらず以前のカテゴリーで分類を行った保続傾向の数</li> </ul>
セットの維持困難 (difficulties of maintaining set : DMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2以上5以下（従来のWCSTの場合は5以上9以下）の連続正答後に誤反応が生じた場合の数</li> <li>被検者が準拠していた分類カテゴリーを見失う程度を示し、記憶、注意の障害との関連を有する</li> </ul>
全誤反応数 (total errors : TE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ちがっているとみなされた反応の合計数</li> </ul>

解がある。Vayalakkaraら<sup>18)</sup>は従来のWCSTを疾患群に施行する場合、より多くの時間を要することから、より枚数の少ない省略版の作成を目的とし、32, 64, 96枚版と従来の128枚版との成績の予測率の比較検討を行った。その結果64, 96枚版が十分な代用となりうる事が明らかとなり、より少ない64枚版が有用であることを示唆した。Smith-Seemillerら<sup>19)</sup>は児童を対象として反応カード数64枚の省略版により従来の手法との比較検討を行った結果、省略版において得られた児童の標準得点は従来の手法により得られた標準得点と著しく異なることが示された。児童への適用には反応カード1組目の施行終了までに少なくとも4以上のカテゴリー達成がなされない場合には従来通りに全て実施することを推奨している。Axelrod<sup>20)</sup>はWCST-64と従来のWCSTの標準得点との比較検討を行った結果、両手法により得られた成績には十分な相関と得点の正確さが明らかにされたが、必ずしもWCST-64の得点は従来のWCSTの得点と同等のものではなかったことを報告し、WCST-64のデータを用いる際には注意を要することを示唆した。

小児の年齢による変化を検討した研究では、Heatonの手法<sup>12)</sup>を用いて行われた場合、10歳頃に成人の標準値に類似した成績が得られることが示されている<sup>7), 21)</sup>。しかし、WCST新修正法<sup>14)</sup>を用いた報告では中学生の達成カテゴリー数が小学生のそれよりも有意に高いが成人のレベルには達していないことが報告されている。これは被検者の分類カテゴリーの同定の方法が成績の違いとして反映された可能性<sup>22)</sup>を示すものであり、異なる手法に基づく成

績を単純に比較できないことを示唆している。

自閉症児は従来のWCSTに比し、コンピューターを用いた施行法では成績が良好であり、自閉症では両手法による成績が同等であるとはとらえられない可能性が報告<sup>23)</sup>されており、PDDの実行機能の検討にはコンピューターを用いた手法による検討が望ましいとされ<sup>24)</sup>ている。また、従来の手法との比較検討から、前述のように両手法は質的に異なるものであり、従来の手法によって得られた基準をそのまま適用できないため、新しい基準作成の必要性が指摘<sup>25)</sup>されている。改訂および省略化されたWCSTの有用性は未だ一致した見解が得られておらず、今後上記の諸問題を考慮した検討がなされることが期待される。

### 3. 脳の機能局在に関する研究

Milner<sup>4)</sup>はてんかん治療の目的で脳外科手術を受けた94症例を対象にWCSTを行い、障害の部位が課題遂行におよぼす影響について詳細に検討した。その結果、前頭葉背外側部に障害があった25症例は固執傾向を示しカテゴリー変換に問題を認め、6カテゴリー中3カテゴリー以上達成できた症例は1例もなかったと報告し、一方、眼窩前頭部障害があった症例ではこのような問題は認められなかったと記述し注目された。

その後、WCST課題遂行に関わる大脳機能局在の研究はPET, SPECTやfMRIなどの非侵襲的脳機能画像検査法の導入後、本格的に行われるようになっており、これらの方法を用いて行われた研究について記載する。

PETはポジトロンをトレーサーとして、X線CTと同様の方法を用いて局所脳血流、脳代謝、神経伝達物質などの断層像を得る方法であり、SPECTは<sup>133</sup>Xe、<sup>123</sup>I、<sup>99m</sup>Tcなどのγ線放射性同位元素をトレーサーとし、局所脳血流の断層像を得る方法である。いずれの方法を用いても脳の活性化される部位が断層像でとらえられる。また、fMRIは酸化血色素を情報源として利用し、脳の活動でこれが増加すると磁化率が低下し信号が変化するため、その部位が画像上描出されるもので、空間解像力に優れており、また瞬時の変化も測定し得るので、刺激や課題遂行による脳活動部位の検討に適した検査法である。

PET、SPECTおよびfMRIのいずれの方法を用いた研究においても、WCST課題に関連した脳の活性化については前頭葉の局所脳血流・代謝の亢進が報告<sup>26), 27), 28), 29), 30), 31)</sup>されている。その詳細な局在について、Marenco<sup>26)</sup>はSPECTによる検討で右前頭葉前部の背外側部前方、Berman<sup>27)</sup>はPETによる検討で前頭葉前部の背外側部、Horn<sup>28)</sup>もPETによる検討で前頭葉前部での活性化を指摘し、中でも上前頭回では右側優位の側性を認めたと報告している。Menzelら<sup>30)</sup>はfMRIによる検討で、ブロードマンの44、45、および46野と相互連絡のある前頭葉前部の背外側および内側面において活動化を認め、これらの活性化は右側優位であったと記述している。さらに、Konishiら<sup>31)</sup>は同じくfMRIによる検討で、WCSTのカテゴリー変換およびgo/no-go課題におけるno-go trialの2種類の抑制性の課題により、共に右側の下前頭溝後方で活性化が認められたと報告している。

前頭葉前部の背外側部はワーキングメモリー課題により活性化することが多くの研究<sup>32), 33), 34), 35)</sup>により明らかにされていることから、上記のWCST課題遂行による前頭葉前部の背外側部の活性化もワーキングメモリーに関連したものと推測されるが、前頭葉前部の背外側部の中でも、Konishiら<sup>31)</sup>によって指摘されているように、右側下前頭溝後方は抑制機構に関する領域であると推測され注目される。

#### 4. WCSTの発達障害への臨床応用に関する研究

小児では前頭葉機能の問題との関連が示唆されるPDD<sup>36), 37), 38)</sup>やAD/HD<sup>39), 40), 41)</sup>について、その検討を行う際に用いられる神経心理学的評価法の1つとしてWCSTが含まれる報告がなされている。ここではPDDおよびAD/HDを対象とした過去10年におけるWCSTの諸手法と発達障害への臨床応用に関する報告をまとめ、Table 3に示した。

これまで高機能自閉症者を対象としてWCSTを検討したものではカテゴリー達成数の少なさや保続性エラーの多さが指摘されている<sup>36), 38)</sup>。今回取り上げた報告においても特に共通して保続性エラーの多さが指摘されており、認知発達段階との関連性も示唆されたが、達成数に関しては高機能自閉症者群において症例間にばらつきがあり、認知発達段階との関連がなかったことから、高機能自閉症者群には神経心理学的に異質のグループで構成され、前頭葉前部あるいは実行機能障害の巻き込まれ方の程度差があることが示唆<sup>43)</sup>されている。また、PDDでは先述したようにコンピューターを用いた施行の方が成績は良好であることが報告<sup>23)</sup>されており、PDDの社会的場面における指示に対する反応の難しさや社会的強化への感受性の低さとの関連性が示唆<sup>24)</sup>されている。今後さらにPDDにおけるグループ内の差異や実施手法に関する検討がなされる必要があると思われる。

AD/HDを対象としてWCSTを行ったものでは各報告<sup>45), 46), 47), 48)</sup>によって困難が認められた評価指標にばらつきがあるが<sup>46)</sup>、PDDより多くの指標に問題を生ずることが指摘されている。それらの指標はPDDにおいて認められたカテゴリー達成数や保続性エラー以外に非保続性エラーや全エラー、セットの維持困難の指標にも困難が認められることが明らかにされ、PDDとは異なる病態基盤を反映していることが推測される。サブタイプ間の比較検討では混合型は全エラー、保続性反応、カテゴリー達成数の指標において著しい困難が認められ、サブタイプの鑑別における有用性を示すもの<sup>47)</sup>や9～22歳のAD/HD児・者を対象として神経心理学的障害の発達の経過の検討した結果から成人期における障害の存続が示唆<sup>45)</sup>された。しかし、一方で成人期のAD/HDの神経心理学的機能の評価に関する報告を概観したもので、成人期の対象者の神経心理学的障害は小児期や思春期の場合よりもより軽度であり、WCSTにおいてもAD/HDの小児における検討で困難が認められたが成人においては問題が認められなかったとする報告<sup>49)</sup>がなされており注目される。

また、注意や記憶、実行機能等の評価を行う複数の神経心理学的検査を組み合わせることにより、AD/HDとの鑑別に有効なバッテリーの構築を検討した報告もなされ、中でもWCSTの鑑別力が高いことを示唆する報告<sup>50)</sup>もある。

WCSTの臨床応用にあたってはWCSTを含めたこのような多面的評価バッテリーの構築も検討されつつあり、各障害種類における発達による変化の検討や認知特性の把握、亜型内の差異などの諸点が今後

Table 3 PDD およびADHD への臨床応用例

対象および年齢	WCSTの手法	主 な 結 果	報告者 (発表年)
自閉症 n=9 10-24y	WCST (Milner)	統計的有意差は認められなかったが、Nelson型の保続性のエラー数が多い傾向が認められた	寺井 (1994)
自閉症 n=34 (内、高機能自閉症 n=17) Mean age =26.4y	WCST (不明)	言語解読テスト（改訂版）により認知発達段階がStageIII-2・IVにおいて保続性のエラーがみられ、より認知発達段階の高いStageVではみられなくなった。高機能群では達成数が症例間でばらつきがあり、発達段階との関連がなくなった	太田 (1999)
PDD n=18 9-21y	WCST (Berg)	多くの被検者の成績は低かったが、中には平均もしくはそれ以上の成績を示すものもみられた	Liss ら (2000)
高機能自閉症 n=21 Mean age =110.3y	WCST (Heaton)	対照群との比較で高機能自閉症群は保続エラーにおいてより多くのエラーを生じたが、カテゴリー達成数、エラー数では差が認められなかった	Liss ら (2001)
AD/HD n=118 9-22y	WCST (computer version, Heaton)	カテゴリー達成数、保続性エラー、非保続性エラーの評価指標において困難が認められた	Seidman ら (1997)
AD/HD n=62 7-12y	WCST (Heaton)	カテゴリー達成数、全エラー、保続性エラー、セットの維持困難、非保続性エラーの評価指標において統制群との間に差を認めた	Pineda ら (1998)
AD/HD n=94 (不注意優勢型：n=32, 混合型：n=62) 6-12y	WCST (Heaton)	サブタイプ間の検討では、全エラー、保続性反応、カテゴリー達成数の評価指標が鑑別に有効であり、特に混合型において著しく困難が認められた	Houghtonら (1999)
AD/HD n=113 6-17y	WCST (computer version Heaton)	カテゴリー達成数、保続性エラー、非保続性エラーの評価指標において統制群との間に差を認めた	Doyle ら (2000)

\* PDD : Pervasive developmental disorder, AD/HD : Attention deficit/ hyperactivity disorder

明らかにされることが期待される。

## 5. おわりに

WCSTはその報告以降、改良を重ねられつつ前頭葉機能評価法として多く用いられている手法であり、具体的手法は多岐にわたっている。今日では省略版やコンピューターによる取り組み形式も開発されているが、従来のWCSTによって得られる成績との直接的な比較検討においては未だ見解が一致しておらず、検討課題が残されている。また、発達障害児・者を対象に臨床応用する上では、注意持続時間の問題等から、より反応カード枚数が少ない手法が適切と考えられた。

脳機能画像研究により、WCSTの遂行中には前頭葉の局所脳血流・代謝の亢進が認められ、中でも特にワーキングメモリーとの関連が認められる前頭前部の背外側部や抑制機構との関連が推測される背外

側部の右側下前頭溝後方が指摘された。

また、WCSTはPDDなどの発達障害児・者を対象に用いられ、各障害種類・亜型内における違いや発達の経過による認知特性の差異など、興味深い知見が蓄積されつつある。WCSTをはじめとした高次脳機能をとらえる各種神経心理学的検査はその成績のみならず、被検者の反応や注意集中の程度などの取り組みの様子を把握する上でも有用な情報を得ることを可能にするものである。種々の疾患を対象として幅広く適用し、他の神経心理学的検査との併用や検査成績の比較による実態把握および各種発達障害児・者をとりまく環境において生じる様々な支障を把握し解明する客観的手段とし、より有効な支援を検討する手立ての1つとしての有用性が期待される。

## 文献

- 1) Weigl E (1941) On the psychology of the so-called processes of abstraction, *J abnorm soc psychol* 36, 3-33.
- 2) Goldstein K, Scheerer M (1941) Abstract and concrete behavior: an experimental study with special tests, *Psychol Monogr* 53, 1-151.
- 3) Vigotsky L (1934) Thought in schizophrenia, *Arch Neur & Psychiat* 31, 1063-1077.
- 4) Milner B (1963) Effects of different brain lesions on card sorting, *Arc Neurol* 9, 90-100.
- 5) Heaton RK, Chelune GJ, Talley JL, et al (1993) Wisconsin card sorting test, manual revised and expanded, Psychological assessment resources, Inc.
- 6) Nelson HE (1976) A modified card sorting test sensitive to frontal lobe defects, *Cortex* 12, 313-324.
- 7) Chelune GJ, Baer RA (1986) Developmental norms for the wisconsin card sorting test, *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 8, 219-228.
- 8) 鹿島晴雄, 加藤元一郎 (1993) 前頭葉機能検査一障害の形式と評価法一, *神経研究の進歩* 37, 93-110.
- 9) 石合純夫 (2003) 高次脳機能障害学, 医歯薬出版株式会社.
- 10) Berg EA (1948) A simple objective test for measuring flexibility in thinking, *Journal of General Psychology* 39, 15-22.
- 11) Grant DA, Berg EA (1948) A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a weigl-type card-sorting problem, *Journal of experimental psychology* 38, 404-411.
- 12) Heaton RK (1981) Wisconsin card sorting test manual, Odessa, FL : Psychological assessment resources, Inc.
- 13) Kongs SK, Thompson LL, Iverson GL, et al (2000) Wisconsin card sorting test - 64 card version, Psychological assessment resources, Inc.
- 14) 鹿島晴雄, 加藤元一郎, 半田貴士 (1985) 慢性分裂病の前頭葉機能に関する神経心理学的検討一Wisconsin card sorting test新修正法による結果一, *臨床精神医学* 14, 1479-1489.
- 15) 永田陽子, 五十嵐一枝 (1992) 小児における新修正 Wisconsin card sorting testの検討一その1一小学生健常児の結果について, *小児の精神と神経* 32, 123-131.
- 16) 鹿島晴雄, 加藤元一郎 (1995) Wisconsin card sorting test (Keio Version) (KWCST), *脳と精神の医学* 6, 209-216.
- 17) 小林祥泰 (2002) パソコンを利用した検査法, *神経心理学* 18, 188-193.
- 18) Vayalakkara J, Devaraju-backhaus S, D.D. Bradley J, et al (2000) Abbreviated form of the wisconsin card sorting test, *Intern J Neuroscience* 103, 131-137.
- 19) Smith-Seemiller L, Arffa S, Franzen MD (2001) Use of Wisconsin card sorting test short forms with school-age children, *Arc Clinical Neuropsychology* 16, 489-499.
- 20) Axelrod BN (2002) Are normative data from the 64-card version of the WCST comparable to the full WCST ?, *Clin Neuropsychol* 16, 7-11.
- 21) Welsh MC, Pennington BF, Groisser DB (1991) A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children, *Developmental neuropsychology* 7, 131-149.
- 22) 五十嵐一枝, 永田陽子 (1992) 小児における新修正 Wisconsin card sorting testの検討 その3 健常中学生の結果について, *東大医大誌* 62, 1353-1358.
- 23) Ozonoff S (1995) Reliability and validity of the Wisconsin card sorting test in studies of autism, *Neuropsychology* 9, 491-500.
- 24) Liss M, Fein D, Allen D, et al (2001) Executive functioning in high-functioning children with autism, *Journal of Child Psychol Psychiat* 42, 261-270.
- 25) Feldstein SN, Keller FR, Portman RE, et al (1999) A comparison of computerized and standard versions of the wisconsin card sorting test, *Clin Neuropsychol* 13, 303-313.
- 26) Marengo S, Coppola R, Daniel DG, et al (1993) Regional cerebral blood flow during the Wisconsin card sorting test in normal subjects studied by xenon-133 dynamic SPECT comparison of absolute values, percent distribution values, and covariance analysis, *Psychiatry res* 50, 177-192.
- 27) Berman KF, Ostrem JL, Randolph C, et al (1995) Physiological activation of a cortical network during performance of the Wisconsin card sorting test: a positron emission tomography study, *Neuropsychologia* 33, 1027-1046.
- 28) Van Horn JD, Berman KF, Weinberger DR

- (1996) Functional lateralization of the prefrontal cortex during traditional frontal lobe tasks, *Biol Psychiatry* 39, 389-399.
- 29) Volz HP, Gaser C, Hager F, et al (1997) Brain activation during cognitive stimulation with the Wisconsin card sorting test — a functional MRI study on healthy volunteers and schizophrenics, *Psychiatry res* 75, 145-157.
- 30) Mentzel HJ, Gaser C, Volz HP, et al (1998) Cognitive stimulation with the Wisconsin card sorting test: functional MR imaging at 1.5T, *Radiology* 207, 399-404.
- 31) Konishi S, Nakajima K, Uchida I, et al (1999) Common inhibitory mechanism in human inferior prefrontal cortex revealed by event-related functional MRI, *Brain* 122, 981-991.
- 32) Cabeza R, Nyberg L (1997) Imaging cognition: An empirical review of PET studies with normal subject, *Journal of cognitive neuroscience* 9, 1-26.
- 33) Jonides J, Smith EE, Koeppe RA, et al (1993) Spatial working memory in humans as revealed by PET, *Nature* 363, 623-625.
- 34) Smith EE, Jonides J, Koeppe RA, et al (1995) Spatial versus object working memory: PET investigations, *Journal of cognitive neuroscience* 7, 337-356.
- 35) MacCarthy G, Puce A, Constable RT, et al (1996) Activation of human prefrontal cortex during spatial and nonspatial working memory tasks measured by functional MRI, *Cerebral cortex* 6, 600-611.
- 36) Rumsey JM (1985) Conceptual problem-solving in highly verbal, nonretarded autistic men, *Journal of autism and developmental disorders* 15, 23-36.
- 37) 熊谷高幸 (1986) 自閉症児のカード分類反応—前頭葉機能障害仮説の検討—, *特殊教育学研究* 21, 17-23.
- 38) Rumsey JM, Hamburger SD (1990) Neuropsychological divergence of high-level autism and severe dyslexia, *Journal of autism and developmental disorders* 20, 155-168.
- 39) Mattes JA (1980) The role of frontal lobe dysfunction in childhood hyperkinesis, *Comprehensive psychiatry* 21, 358-369.
- 40) Chelune GJ, Ferguson W, Koon R, et al (1986) Frontal lobe disinhibition in attention deficit disorder, *Child psychiatry and human development* 16, 221-234.
- 41) Boucugnani LL, Wayne JR (1989) Behaviors analogous to frontal lobe dysfunction in children with attention deficit hyperactivity disorder, *Archives of clinical neuropsychology* 4, 161-173.
- 42) 寺井克幸 (1994) 自閉症の事象関連電位P300および前頭葉機能に関する研究, *金沢大学十全医学会雑誌* 103, 70-80.
- 43) 太田昌孝, 永井洋子, 金生由紀子ら (1999) 高機能自閉症の認知構造と感情についての発達の観点からの研究, *厚生省精神・神経疾患研究10年度報告書: 乳幼児期から思春期の行動・情緒及び心理的発達障害の病態と治療に関する研究*, 33-39.
- 44) Liss M, Fein D, Bullard S, et al (2000) Brief report: Cognitive estimation in individuals with pervasive developmental disorders, *Journal of autism and developmental disorders* 30, 613-618.
- 45) Seidman LJ, Biederman J, Faraone SV, et al (1997) Toward defining a neuropsychology of attention deficit-hyperactivity disorder: Performance of children and adolescents from a large clinically referred sample, *Journal of consulting and clinical psychology* 65, 150-160.
- 46) Pineda D, Ardila A, Rosselli M, et al (1998) Executive dysfunctions in children with attention deficit hyperactivity disorder, *International journal of neuroscience* 96, 177-196.
- 47) Houghton S, Douglas G, West J, et al (1999) Differential patterns of executive function in children with attention-deficit hyperactivity disorder according to gender and subtype, *Journal of child neurology* 14, 801-805.
- 48) Doyle AE, Biederman J, Seidman LJ, et al (2000) Diagnostic efficiency of neuropsychological test scores for discriminating boys with and without attention deficit-hyperactivity disorder, *Journal of consulting and clinical psychology* 68, 477-488.
- 49) Seidman LJ, Biederman J, Weber W, et al (1998) Neuropsychological function in adults with attention-deficit hyperactivity disorder, *Biol psychiatry* 44, 260-268.
- 50) Pineda D, Ardila A, Rosselli M (1999) Neuropsychological and behavioral assessment of ADHD in seven- to twelve-year-old children: A discriminant analysis, *Journal of learning disabilities* 32, 159-173