

# 自閉症児における周辺視野の視覚情報処理特性

吉田 宏子<sup>1,2</sup> 九州大学 中溝 幸夫 近藤 倫明 北九州市立大学

## Perceptual characteristics of peripheral vision in children with autism

Hiroko Yoshida (Kyushu University), Sachio Nakamizo,  
and Michiaki Kondo (University of Kitakyushu)

The present study examined the recognition of numerical stimuli briefly presented in the peripheral and the central (foveal) visual fields of children with autism. The participants were 5 children with high-functioning Autism Spectrum Disorder (ASD) and 10 typically developing (TD) children of similar chronological age. The stimuli were number strings presented on a personal computer screen for 160 msec in the position of the fixation point (foveal condition) or in the peripheral visual field (retinal eccentricity of 16°) in one of the eight radial positions selected randomly (peripheral condition). The participants' task was to report the number of stimuli. The results showed that there were no significant differences in the mean response times between the TD and ASD groups. However, the mean percentage of correct answers in the ASD group was significantly higher than in the TD group for the peripheral condition. These results suggest that the effective visual field of the ASD group is expanded compared with the TD group. We discussed the relationships between perceptual characteristics and cognitive processes particular to ASD children.

**Key words:** autism, cognitive process, peripheral vision.

*The Japanese Journal of Psychology*  
2011, Vol. 82, No. 3, pp. 265-269

近年、研究技術の発展により、自閉症を認知心理学的、脳科学的観点から解明しようとする研究が増えている (Dakin & Frith, 2005; 田中・神尾, 2007; 桑原, 2007)。それらの研究では、自閉症児 (者) に特有の知覚・認知過程の存在が報告されている。本研究では、一定の網膜偏心度の周辺視野に呈示された刺激について、自閉症児が異なる情報処理をしている可能性について考察する。

一般的に、周辺視の空間解像力は中心視に比べて著しく低い。中心窩から視角 15° 以上離れると、文字のカテゴリ化ができなくなり、さらに 25° になると文字の識別ができなくなる。しかし、周辺視は単に中心視

の補足的な役割を担っているというわけではなく、視環境の安定性と恒常性を常に保持するための緩衝系 (バッファ) として機能していることが示唆されている (荊阪, 1981)。

周辺視野に刺激を呈示することによって自閉症児 (者) の注意機能が定型発達児 (者) のそれとは異なることを指摘した研究がある。Leekam, Lopez, & Moore (2000) の研究では、自閉症児は、中心視野にオモチャの機関車の模型が出現した後、周辺視野にターゲット刺激として別の同形の模型が出現すると、迅速に注意を移動させることができた。さらに中央に呈示した刺激と競合する状況においてさえも、周辺視野のターゲットに首や目を向けるといった定位反応の反応時間において対照群よりも優れたパフォーマンスを示した。このことから、Leekam らは外的な刺激に注意を向ける能力に関しては自閉症児は特に問題はないと論じている。

一方、周辺視野に呈示された刺激に対する自閉症児の注意機能に関して、上に述べた結果とは異なる結果を報告している研究もある。川久保・前川 (2005) は、自閉症者と健常者に対して、最初に画面中央に中心刺激を呈示し、周辺刺激の呈示前に中心刺激が消失

Correspondence concerning this article should be sent to: Hiroko Yoshida, Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581, Japan (e-mail: febfloowerhiroko@yahoo.co.jp)

<sup>1</sup> 旧所属：北九州市立大学文学部人間関係学科

<sup>2</sup> 本論文作成にあたり、実験にご協力いただいた、北九州市自閉症協会の皆様、北九州市立日明小学校の皆様、学校法人きつこくらみなみの皆様、ならびに実験実施にあたり、技術的支援をいただいた、九州大学文学部心理学講座技術職員 黒木大一郎様に深くお礼申し上げます。

するギャップ条件と中心刺激が呈示されたままで周辺刺激が呈示されるオーバーラップ条件を設定して、特定の刺激図形に対してボタン押しをさせるという課題をさせた。このとき、自閉症者ではオーバーラップ条件において、サッカーの反応時間が健常者のそれよりも有意に長かった。このことから、自閉症者は、注意を向けていた対象が消えなかった場合、その対象から別の対象に注意を切り替えるのに不可欠な“注意の解放”が困難であることが示唆された。しかし、この研究は自閉症者の周辺視野呈示刺激に対する中心視からの注意の転移、主にサッカーの反応時間について調べたもので、自閉症の周辺視の精度については触れていない。

一方、斉藤・清水（1990）の研究では、自閉症者に数列探索照合課題を行わせ、同時に課題遂行中の注視点を測定したところ、自閉症群のほうが、健常者群の大学生よりも反応時間が有意に短く、正反応率はほぼ同等に高い成績を示した。また注視点の数は自閉症群のほうが健常者群よりも有意に少なかったが、注視点 1 個あたりの平均停留時間は両群間で差がなかった。この実験結果について、斉藤・清水は、自閉症児の 1 回の注視点あたりの有効視野が拡大していると解釈している。しかし、この実験で使用了課題では刺激が呈示される位置が常に一定だったので、自閉症児はその手がかりを利用して合理的な注視を行うことによって注視点を減らした可能性があることも指摘している。また、Kaplan, Edelson, & Seip (1998) は、周辺視野情報に依存するという自閉症者特有の視覚特性の偏りの可能性を示唆している。

以上の研究結果から、自閉症児（者）は周辺視野に呈示された情報の処理において定型発達児（者）とは異なる可能性が示唆されているが、自閉症児（者）の“注意の解放の困難”が起こっていない、もしくは認知的負荷がかかっていない段階での周辺視野特性が定型発達児のものと比べてどのような違いがあるのかを確かめた研究は未だ少ない。本研究では、自閉症児ならびに定型発達児について、中心視野あるいは周辺視野に瞬間的に呈示された数字の認知成績を調べることによって、自閉症児と定型発達児の周辺視における有効視野特性を調べた。周辺視野条件では、一定の偏心度の周辺視野上で、呈示位置をランダムに変えた数字刺激を弁別させ、その正答率を数字列の桁別に両群の間で比較した。

## 方 法

### 実験参加児

実験参加児は普通小学校の特別支援学級または通常学級に在籍する、生活年齢 6 歳から 8 歳までの自閉症スペクトラムの男児 5 名（平均年齢 7.5 歳、 $SD=0.48$ ）

Table 1  
自閉症群実験参加児の診断概要

自閉症群	診断時年齢 (参加時歴年齢)	診断内容
自閉症群 1	7 歳 (7.16)	医療機関で医師による アスペルガー障害の診断
自閉症群 2	3 歳 (8.18)	療育センターで医師による 自閉症の診断、中等度精神遅滞
自閉症群 3	3 歳 (8.06)	医療機関で医師による 広汎性発達障害の診断
自閉症群 4	2 歳 (7.0)	療育センターで医師による 広汎性発達障害の診断
自閉症群 5	3 歳 (7.1)	療育センターで医師による アスペルガー障害の診断

であった。以下、これらの群を自閉症群とよぶ。Table 1 は、自閉症群の診断時年齢と診断内容をまとめたものである。統制群は、自閉症群と平均生活年齢がほぼ同じで、普通小学校に在籍する、これまでに特に発達に関する問題を指摘されていない定型発達の男児 10 名（平均年齢 7.7 歳、 $SD=0.52$ ）であった。両群とも実験参加児の保護者に実験内容について書面にて説明し、同意書を得たうえで実験を行った。

### 刺激と装置

刺激は、一桁から三桁の全部で 10 種類の数字列であった。数字列は予備実験として、成人の実験参加者 6 名に本実験に用いたプログラムを使って一桁の数字刺激を呈示した後に、見えたと思う数字を答えてもらう課題の中で、まちがいの多かった数字の組み合わせを呈示刺激の数字列（ターゲット刺激）として採用した。二桁、三桁の数字刺激は、前述の一桁の数字を繰り返しや並び替えのパターンにしたものを用いて再度同じ課題を行い、選別した。また、実験者の目視での注視位置のずれにおける検出力について、予備実験において、7 名の定型発達児（平均年齢 6.11 歳、 $SD=0.49$ ）にモニタ画面中央の注視点から  $0^\circ$ 、 $1^\circ$ 、 $2^\circ$ 、 $3^\circ$ 、 $4^\circ$  の位置に現れた数字刺激に注視点を移す際に実験者がそのずれを検知できるかどうか確認したところ、 $0^\circ$  では 0%、 $1^\circ$  では 42.8% ( $SD=0.35$ )、 $2^\circ$  では 64.3% ( $SD=0.20$ )、 $3^\circ$  では 78.6% ( $SD=0.22$ )、 $4^\circ$  では 92.9% ( $SD=0.12$ ) の割合で検知することが可能であった。

刺激画面に呈示されたターゲット刺激は、視角単位で約  $1.8^\circ \times 1.8^\circ$  の大きさであった。Figure 1 に示す数字列対の左端の数字列がターゲット刺激で、中央と右側の数字列はディストラクタ刺激であり、これらの数字列は選択反応画面で呈示された。選択反応画面での数字列の並びはランダムであった。

これらの刺激は、ノートブック型パーソナルコンピュータ（Fujitsu FM-V, Lifebook）のモニタ画面（15.4型 TFT, 60 Hz）上に呈示された。付属装置として、実験参加児の目の動きをモニタで観察するためのデジタルカメラと三脚、実験参加児の頭部を固定するためのチンレスト、ターゲット刺激の呈示操作をするためのテンキーパッドを使用した。

## 手続き

ターゲット刺激は、中心視野条件では注視点の位置に、周辺視野条件では偏心度約  $16^\circ$  の位置で、 $360^\circ$  を 8 等分した 8 方位からランダムに選択された一つの方位に呈示された。中心視野・周辺視野条件とも同じ刺激を用いた。視野条件・ターゲット刺激の呈示はどちらもランダムに行い、全部で 20 試行を行った。1 回の実験にかかった実際の所要時間は約 5 分間であった。実験参加児の眼から画面までの観察距離は平均 32 cm であった。ターゲット刺激の呈示時間は、約 160 ms であった。実験参加児が画面中央に呈示された、回転しながら移動する星型図形を目で追いながら注視していることを各施行毎に確認したうえでターゲット刺激が呈示された。自閉症児はその特性ゆえに刺激に敏感で、眼球運動を測定する機材などを装着してもらうことが困難なために、デジタルカメラのモニタ画面を使って、実験者が目視で確認した。ターゲット刺激の呈示後、1 000 ms の休止時間において選択反応画面が呈示された。実験参加児は、画面のそれぞれの数字列の位置に対応したキーボードのボタンを押すことによって回答した。回答のボタンを押したとき、実験参加児が正しくターゲット刺激を選択すると、“あたり”という音声とそれぞれの実験参加児の好きなキャラクター（自閉症群は、ポケットモンスター・トムとジェリー・ケロロ軍曹、統制群はポケットモンスター

一）のあたり画面が呈示されて、正反応を強化した。まちがったターゲットを選択した場合は、音声を伴わないはずれ画面のみが呈示された。一桁課題の実験刺激の系列を Figure 1 に示す。

実験参加児に実験の課題を十分に理解してもらうために実験試行の前に練習課題を行った。練習課題としては、7 名の自閉症群の実験参加児には数字の代わりに  $5^\circ \times 5^\circ$  の大きさにした地図記号を刺激として、また呈示時間を中心視での捕捉が可能な約 1 s に設定した課題に答えてもらい、最初の 4 試行とも正解した 5 名の実験参加児のみ課題の仕組みを理解できたとして、本実験に参加してもらった。一方、統制群の実験参加児には、児童の前で、画面中央の注視点を注視すると問題が出題されることや、問題に正答するとあたり画面が出てくることや、できるだけ早く回答することが求められることなど、実験の参加方法や回答の際の操作方法などを書面での説明と合わせて実験者が課題のデモンストレーションを行い、本人にターゲット刺激を実際に答えてもらうなどして課題の仕組みを理解したことを確認した。また、実際の実験場所は、自閉症群は環境の変化に影響を受けやすいため、各児の自宅の一室で行い、統制群は在籍する小学校の教室で行った。

## 結果

### 正答率

各群の呈示刺激の数字の桁数別課題正答率を Figure 2 に示した。中心視野条件で判別可能であった刺激の周辺視野条件での成績を比較するため、自閉症群・統制群ともに中心視野条件で全試行で正答した実験参加児のみを統計的分析の対象とした。自閉症群は、4 名（80%）、統制群は 8 名（80%）が全試行正答者であった。周辺視野条件の課題の正答率を桁数ごとに比較した。自閉症群の周辺視野条件の一桁の数字課題における正答率の中央値は 80%（ $SD=8.66$ ,  $n=4$ ）であり、統制群の周辺視野条件における正答率の

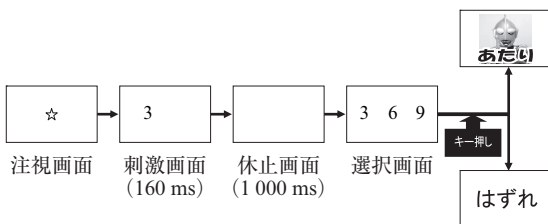


Figure 1. 周辺視野条件における一桁課題の実験手続きの概略

注）注視画面の中央に虹色の星型マークを注視点として呈示した。刺激画面では 8 方位の中からランダムに一つの方位を選択し、注視点から視角  $16.2^\circ$  の位置に刺激として数字を 160 ms 間呈示した。次に 1 000 ms 間の休止画面をはさんで選択画面を呈示した。実験参加児はキーボードを使って選択画面から正しい数字を選択しキー押し反応を行った。反応の正誤は直後に画面上に呈示される“あたり”，あるいは“はずれ”でフィードバックされた。

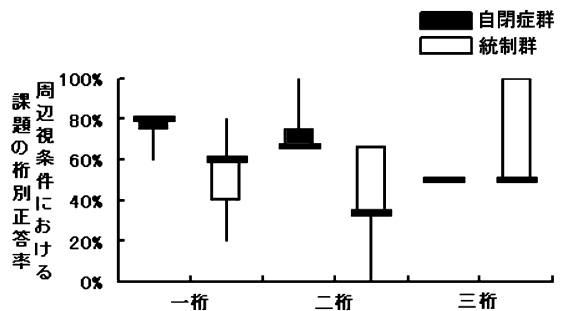


Figure 2. 周辺視野条件における自閉症群、統制群の数字の桁別正答率



中央値は 60% ( $SD=17.13$ ,  $n=8$ ) であった。Mann-Whitney の U 検定を行った結果、両側検定有意水準 5% のもとで両群の中央値には有意な差が認められた ( $U=4.5$ ,  $p=0.048$ )。周辺視野条件の二桁の数字課題における正答率の中央値は自閉症群が 67% ( $SD=14.43$ ,  $n=4$ ) であり、統制群の平均正答率は 33% ( $SD=22.05$ ,  $n=8$ ) であった。Mann-Whitney の U 検定を行った結果、両側検定有意水準 5% のもとで両群の中央値には有意な差が認められた ( $U=4.5$ ,  $p=0.042$ )。周辺視野条件の三桁の数字課題における正答率の中央値は自閉症群が 50% ( $SD=0.00$ ,  $n=4$ ) で、統制群が 50% であった。Mann-Whitney の U 検定を行った結果、両側検定有意水準 5% のもとで両群の中央値には有意な差は認められなかった ( $U=10.0$ ,  $p=0.21$ ,  $ns$ )。以上の結果により、自閉症群の周辺視野条件の、一桁、二桁の数字課題における正答率は統制群よりも高いことが示された。

### 平均反応時間

各群の選択画面呈示から回答ボタンを押すまでの平均反応時間において、自閉症群の中心視野条件の平均反応時間は 1.64 s ( $SD=0.30$ ,  $n=4$ )、統制群のそれは 1.67 s ( $SD=0.44$ ,  $n=8$ ) であり、両群の平均反応時間には有意差はなかった ( $t=0.10$ ,  $ns$ )。また、自閉症群の周辺視野条件の平均反応時間は 2.62 s ( $SD=0.57$ ,  $n=4$ ) であり、統制群のそれは 2.67 s ( $SD=0.81$ ,  $n=8$ ) であり、両群の平均反応時間に有意差は見られなかった ( $t=0.09$ ,  $ns$ )。

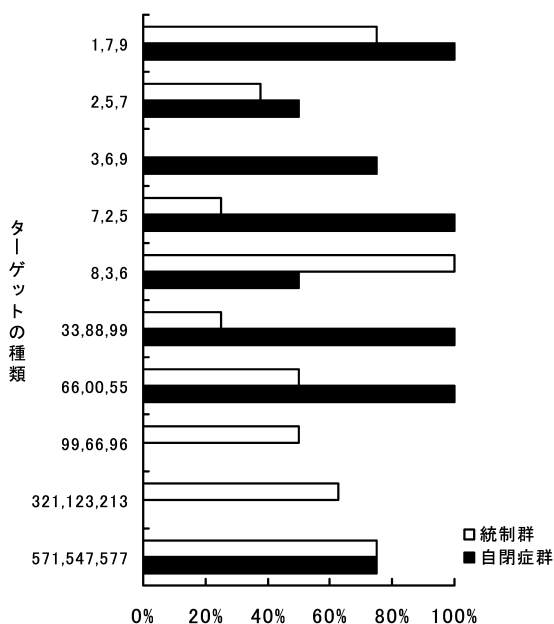


Figure 3. 周辺視野条件における自閉症群、統制群の刺激の種類別正答率

### 各群の刺激別正答率

各群の刺激種類別正答率を Figure 3 に示した。この図より、統制群の周辺視野条件の正答率は中心視野条件に比べて全般的に低くなっていることが読み取れるが、自閉症群では周辺視野条件におけるある特定の刺激 (99, 66, 96) (321, 123, 213) の課題ではまったく正答することができなかった。

### 考 察

本研究から得られた結果は次の 2 点に要約できる。(a) 中心視野条件での平均反応時間は、自閉症群・定型発達群の間で差が見られなかった。(b) 周辺視野条件での平均反応時間において差は見られなかったが、一桁、二桁の数字課題における正答率では定型発達群よりも自閉症群のほうが有意に高かった。

周辺視野条件での一桁、二桁の数字課題の正答率は自閉症群のほうが定型発達群よりも高かった。このことからきわめて限定的ではあるが、自閉症群の周辺視野条件での一桁・二桁の数字列の情報処理能力は、本研究で用いた数字刺激については定型発達群に比べて高いといえることができる。一方、三桁の数字列については両群の平均正答率の間に有意な差は見られなかった。この結果は、特に三桁の課題について試行数が少なすぎたために群間差が示されなかった可能性は否めない。また、数字列が増えたことにより、単純に見えた数字を答えるのではなく数字列の記憶や数字の並びの予測など、周辺視野の精度だけではなく複合的な要素が入りやすくなったために差が見えにくくなったためであるとも考えられる。

注意の性質や有効視野の範囲と、その精度を理論的に説明したモデルに、“ズームレンズ・メタファー”がある。Findlay & Gilchrist (2003 本田監訳 2006) は、注意の精度と範囲の関係について、目的によって精緻な情報処理が必要なときはその範囲を小さくとり、粗い処理のときは範囲を大きくとっている可能性について述べている。この観点から自閉症児の有効視野特性を考察すると、自閉症児に独自の視覚の特性が見えてくるかもしれない。

Figure 3 に示した本研究における自閉症群の刺激別の正答率の分布を見てみると、刺激を構成する要素の形態が類似している数字列 (例えば、321, 123, 213) では、自閉症群においては 1 名も正答できなかった。この事実から推論できるのは、刺激の配列順序の違いといったより詳細な情報処理が求められるような課題を自閉症児は苦手とするのかもしれない。その理由として、自閉症児はその周辺視の有効視野の範囲が広いために、粗い処理をしている、つまり普段から周辺視野による広くて浅い視覚情報処理をしている可能性が考えられる。だが、本研究では注視点において

何らかの認知的課題を課した注意の定位が起こっていると仮定できる条件では周辺視野課題の呈示がなされていない。今後、試行開始時の注視点において注意のコントロールをした条件・しない条件での課題遂行率の違いを群間で比較することが求められる。

一方、(66, 00, 55)などの同じ数字が繰り返される刺激では正答率が高く、(321, 123, 213)のような並び替え問題では正答率が0になることから、一概に処理の深さという一元的な要素で数字列刺激の特性を判断することは妥当ではないのかもしれない。また、これには各群の実験参加児の知的水準の要素の影響があったことは否定できない。

今後、呈示する数字列の特性を一つに均質化することや実験参加児の知的水準の統制を行っていくことによって、刺激の特性と課題の成績の関係を明らかにしていく必要がある。

本研究は自閉症スペクトラムの実験参加児が5名で行われたものであり、今後実験参加児の数を増やすなどして検証を重ねることが必要である。また、実験手続きの中で教示の統制について、自閉症群の子どもたちに教示する際には、その特性から、手続きを言語によって説明することが難しく、実際に手続きを体験してもらうことで理解してもらう必要があった。この場合、本来のターゲット刺激とは種類と大きさが違う地図記号を用い、呈示時間を中心視で捉えることが可能な時間に設定して行ったとはいえ、統制に不十分さがあったことは否定できない。加えて実験参加児の注視のモニタリングに関しては、方法で述べたように自閉症群の実験参加児の特性により、デジタルカメラのモニタ画面を使って、実験者が目視で確認したのみであるために、注視位置の統制が十分であるとはいえない。今後、このような問題を解決するため、例えば眼球運動の測定装置などの導入の方法を考える必要があると考えられる。

近年、自閉症者のさまざまな知覚特性、とくに運動知覚の障害などに共通して関連している要因として、上側頭溝(STS)を始めとする脳内の視覚処理過程の背側路系において、注視行動の乏しさに関連したSTSの活動の低下部位がf-MRIによって確認されたことなど、定型発達者とは異なる情報処理が行われている可能性が示唆されている(Dakin & Frith, 2005)。また田中・神尾(2007)による研究では、低次視覚野レベルでは背側路系と関連のある大細胞系ではなく、小細胞系の障害である可能性が両系を選択的に刺激する要素的な視覚刺激を用いた実験結果から明らかになっている。大細胞系は運動視や立体視、粗い形態視に関する情報処理を司ることや、周辺視野の刺激への注意定位の機能に重要な役割を及ぼしていることを考えると、自閉症児(者)の周辺視野の情報処理特性について検

討することで、その知覚特性を違う側面から理解することの一助となるのではないだろうか。

## 引用文献

- Dakin, S., & Frith, U. (2005). Vagaries of visual perception in autism. *Neuron*, **48**, 497-507.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active vision*. The United Kingdom: Oxford University Press.
- (フィンドレイ, J. M., ギルクリスト, I. D. 本田仁視(監訳)(2006). *アクティヴ・ビジョン——眼球運動の心理・神経科学——* 北大路書房)
- Kaplan, M., Edelson, S., & Seip, J. (1998). Behavioral changes in autistic individuals as a result of wearing ambient transitional prism lenses. *Child Psychiatry and Human Development*, **29**, 65-76.
- 川久保 友紀・前川 久男(2005). 自閉症者の空間的注意——弁別問題を伴うギャップ・オーバーラップ課題による検討—— 特殊教育学研究, **42**, 321-328.
- (Kawakubo, Y., & Maekawa, H. (2005). Spatial attention in individuals with autism: Gap over task with discrimination. *Japanese Journal of Special Education*, **42**, 321-328.)
- 桑原 斉(2007). 自閉症と画像研究 自閉症スペクトラム研究, **6**, 19-26.
- (Kuwabara, H. (2007). Neuroimaging study of autism. *Japanese Journal of Autistic Spectrum*, **6**, 19-26.)
- Leekam, S. R., Lopez, B., & Moore, C. (2000). Attention and joint attention in preschool children with autism. *Developmental Psychology*, **36**, 261-273.
- 亭阪 直行(1981). 周辺視機能の精神物理学的研究 風間書房 (Osaka, N.)
- 齊藤 治・清水 康夫(1990). 高機能自閉症における視覚情報処理と Microbehavior (第2報) ——自閉症者を対象としたアイマークレコーダによる注視点記録—— 安田生命社会事業団研究助成論文集, 55-63.
- (Saito, O., & Shimizu, Y. (1990). Visual processing and microbehavior of high functioning autism disorders (the 2nd report): Record for fixation point by a eyemark recorder for people with autism disorder. *Collection of papers for research promotion of community services administration of Yasuda life insurance*, 55-63.)
- 田中 優子・神尾 陽子(2007). 自閉症における視覚認知研究の新しい動向 心理学評論, **50**, 40-45.
- (Tanaka, Y., & Kamio, Y. (2007). New approach to visual cognition in autism spectrum disorders. *Japanese Psychological Review*, **50**, 40-45.)

—— 2008. 11. 19 受稿, 2011. 1. 22 受理 ——