

## 不意変化刺激による運動誘導盲

## Transilience Induced Blindness

勝村 真人†      正原 涼†      内藤 誠一郎†  
 Makoto Katsumura    Ryo Shohara    Seiichiro Naito

## 1. はじめに

視覚の見落としには極めて多様な現象が知られている。まず、主として網膜の順応に起因する視覚の見落としが古くより知られている。Troxler (1804) により、図形の境界部の輝度変化が比較的滑らかであれば、対象図形から少し離れた注視点を強固に凝視することによって、観測対象の図形の消失が引き起こされることが示された。消失した領域には背景の輝度または色彩が充填される。Krauskopf (AT&T) は、神経生理学的見地から、同現象をみごとに実証した。通常の方法で赤の円図形を提示し、特殊な器具を用い、網膜上に映る赤の円図形の中心部に、小さな緑の円図形を網膜上の位置を固定して照射した。これは網膜静止像とよばれている。被験者は、照射開始直後の数秒間は緑の円図形を確認できたが、その後は全体が赤の円図形のみ見え、緑円は消失した。この時、網膜上に緑の光が照射され続けていても、緑の円図形は完全に消失したのである。この消失には、消失画像は網膜上静止していることと、少なくとも数秒間の順応が必要であることが特徴である。

一方、視覚の見落としには高次の注意機構に起因するとされる現象も多数知られている。2枚の自然画像を用意しその中の一部の要素を変化させておく。2枚の画像を短時間の様画面を挟んで交互に提示する。すると条件によっては変化に気づくのが困難なことがある。特に変化部分が画像情報として観察者にとって重要な意味がないときに顕著に見落としがおこる。同現象の変形として、2枚の画像ではなく、画像の一部が連続的にゆっくり変化する状況でも同様の現象がおこる。すなわち視覚における注意機構あるいは意識の制御に関わる現象と解釈できる。もっと意図的に観察者の意識を画像の意味内容の一部に集中させ

るとさらに顕著な見落としもおこる。複数の人の行動を観察させ、その中の指定された行動を計数させる等の課題の最中に異常な人を登場させても気づかないことがある。バスケットボールのパスを数えている間に登場したゴリラを見逃す見事な動画が有名である。

初期視覚機能に属し、順応とは異なる機構による消失として、いわゆるマスキング現象も知られている。試験図形を短時間提示するのであるが、その時間的前後にランダム図形や一様な図形を提示すると試験図形を知覚しにくくなる。多少技巧的になるが、片眼に静止画の試験図形を提示し、別眼にフリッカーするマスキング図形を提示するとかなり長時間、少なくとも数秒間は試験図形が見えない。同現象の残効を分析することにより、視覚情報が意識にのぼる過程が分析されている。

## Motion Induced Blindness (MIB)

2001年「Motion-induced blindness in normal observers」<sup>[1]</sup>と題する顕著な現象が発見された。研究者の興味を引き、どのように発生し、また何が生じるのか、心理・生理的に活発な研究が続いている。

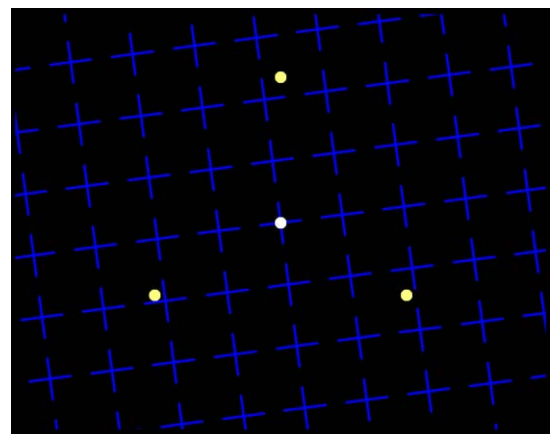


図1. 従来刺激

† 東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻

図1に代表的な MIB の刺激を示す。三角に配置されている3点が試験図形で、黄で表示している。背景には、輝度の低い青の十字形を配置されている。背景は画面中央を中心として、1秒当たり画面全体の10分の1の速度で回転する。被験者は、試験図形が時折自発的に消失することを確認できる。消失現象は実験条件に対し非常に安定している。背景模様はかなり任意であり、回転運動速度もある程度速いほうがよいとされるが、決定的な要因ではない。運動は二次元の回転運動が必ずしも必要ではなく、三次元や一次元の運動もまた効果的であった。この論文で、画面の左上の領域において消失が容易であると主張された。その結果、多くの研究者が左上の象限における現象の研究を行っている。

MIB に対するいくつかの仮説が提案されている。高次の知覚からの見地として、ヒトの意識能力、もしくは限られた注意能力が消失の起因であるとされる。逆に低次の視覚の理論では、一様に運動する背景が認知的な表面と知覚され、試験図形を覆うためという理論がある。実際に背景誘導刺激と試験図形に奥行き差をつけて観察すると、消失効果が変化することが証明された<sup>[2]</sup>。また MIB では図形の境界部分の安定した順応が必要であることもわかっている<sup>[3]</sup>。消失の原因を背景図形運動がおよぼす一種の抑制効果ととらえる可能性も考えられている<sup>[4]</sup>。さらには脳半球の間における干渉が原因であるとの提案もなされた<sup>[5][6]</sup>。ゲインコントロールの抽象的な機構が、消失に関係しているとも考えられる<sup>[7]</sup>。

消失現象の重要な特徴として、消失はランダムまたは確率的に発生することがあげられる。3点の中で少なくとも1点が、自発的に消失する。ランダムに発生することは、現象の機構を解明するうえで困難となる問題の一つであった。また従来のほとんどの研究は事実上視角1度から2度の範囲内での、小さな試験刺激が用いられていた。

我々は、消失の生じる時間を制御できるか検討した。また消失する試験図形は大きな図形要素であっても可能か検討した。生理学的見地では、運動は外側膝状体の大細胞系の機能により知覚される。それゆえ、大細胞系が処理を行えない等輝度条件での試験図形において、MIB の発生に

影響を与えるか検討した。

MIB には他に重要な変形として、FIB (Flicker Induced Blindness)<sup>[8][9]</sup>がある。FIB は MIB における運動刺激に対して、点滅の刺激により消失が起こる錯覚である。しかしその効果は条件により視覚の見落としを促進する場合もあるが、抑制することもある。FIB は、運動情報あるいは点滅変化のいずれが消失にとって決定的な要因になるか検討する上で興味深い。

本論文では、新たな誘導刺激を工夫することで、消失の同期化に挑戦した。等輝度条件においても同様に研究を行った。偏心度の条件に関連して、環形に配置した線分の消失を分析した。従来の典型的な FIB では、10Hz の点滅誘導刺激を使用してきた<sup>[10]</sup>。この速度は動的ランダムドットのフィリングイン現象 (Filling-in) の研究において最適な条件とされた速度である。我々は、誘導図形の on と off の点滅の瞬間の効果に興味を持った。それゆえ、1Hz を中心とした比率の緩やかな点滅刺激で研究を行った。

## Artificial Scotoma and Perceptual Filling-in

ヒトの盲点は、網膜上の細胞がないために自発的にフィリングイン (FI) が生じる先天的な視野欠損である。一方で、試験図形の消失は、時間的な制約はあっても、盲点と類似した特性を示す。両者が同等であるか、自然の盲点と人工の盲点において、検証する必要がある。Ramachandran (1991) は人工視野欠損が本質的に認知的 FI であると提案した<sup>[10]</sup>。MIB での視覚における視野欠損としての分析は肯定的である。視覚の FI における共通の機構も研究されている<sup>[3][12]</sup>。また統合失調症との関連も指摘されている<sup>[13]</sup>。

我々は、自然の盲点をはるかに上回る面積の試験図形の消失を試み、人工視野欠損の視覚の認知的 FI を再度検証している<sup>[9]</sup>。

## 2. 実験方法

- 被験者 8 名を実験に用いた。MIB における消失の解析を目的として、大面積対象の個数を 2~3 個に変化させた MIB の実験で消失時の刺激の大きさ、

消失時間の測定を実施した。

- 被験者には、まず前もって MIB の消失を確認させる。続いて、一人当たり 10 回の消失測定を行った。
- 1 つ以上の対象が消失・再度知覚したタイミングでキーボードを押してもらい、消失を計測した。
- 観測する刺激が表示される画面中の中心に配置された注視点を一定に凝視することを要求した。
- 一般的に、観測者は MIB または FIB の消失を確認する際には、10 秒ほどの凝視が必要である。

暗室の中で以下の 2 条件で実験を行った。

1. 17 inch の液晶画面に刺激を表示し、視距離は 54cm.
2. 1.2×0.9 m のスクリーンに、拡大したサイズを投影し、視距離を様々に変更し観測する。

### 3. 実験

#### 3.1 実験 1 等輝度条件

図 1 に示す典型的な MIB の誘導図形の輝度を等輝度に変更した試験図形で実施した。背景を赤、十字模様を緑に変更し、背景と十字模様を等輝度に設定し、MIB を確認する。

#### 3.2 実験 2 同期消失条件<sup>[14]</sup>

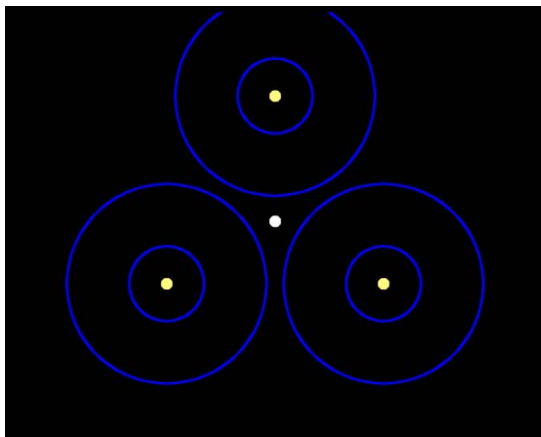


図 2. 消失の同期化

図 2 に示すように、偏心度 5 度の位置に、白 ( $x=0.33, y=0.38, L=220\text{cd/m}^2$ ) の 3 点を 0.25 度の大きさで配置し、三角形を形作る。これを黒 ( $0.42\text{cd/m}^2$ ) の背景上に中心の注視点と共に静的に表示する。消失対象となる点

の周囲には、1 つまたは、2 つの同心の青 (0.14, 0.08, 13.3) の円環を表示する。誘導刺激の条件は以下の通りである。

- 運動条件 (MIB) : 円環は、対象境界部の外側において、0.1 度から 2 度の範囲内で、速度 2 度/秒 の拡張収縮運動を行う。
- 点滅条件 (FIB) : 従来の FIB よりもはるかに速度の遅い 1Hz の点滅を行う。誘導図形は試験図形から 1 度の距離の位置にある。

#### 3.3 実験 3 円環の消失

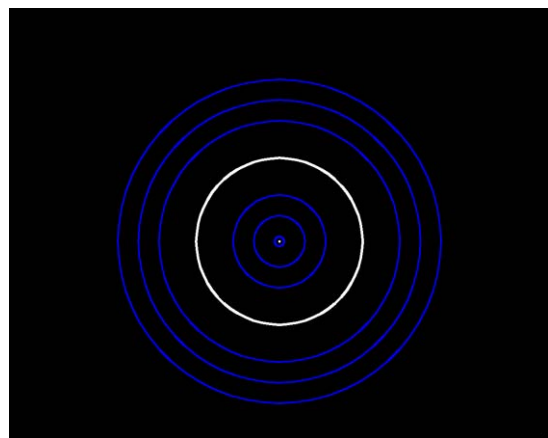


図 3. 円環の消失

この実験での消失の対象は図 3 で示すような、5 度の大きさで表示される円環である。誘導刺激は、青の同心円環で、対象の内側か外側、または両側に配置する。点滅条件の場合では、実験 2 と同様の条件である。

#### 3.4 実験 4 大面積図形消失<sup>[15]</sup>

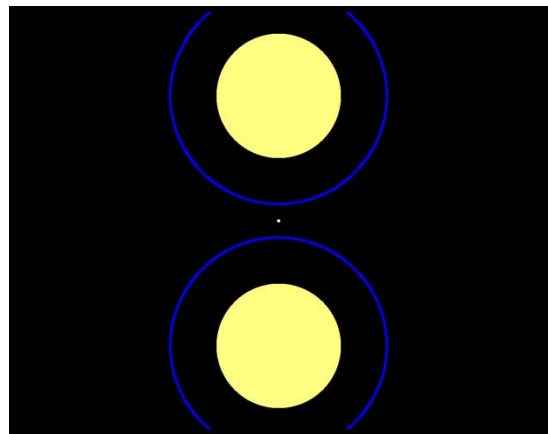


図 4. 大面積要素 2 図形の消失

この実験では、図4で示すような、従来の実験でされてきた小さな対象から、盲点以上の面積に拡大した円図形を対象に消失を試みる。対象は注視点から上下に偏心度14度の位置に2つの黄(0.40,0.50,192)の円図形を半径視角7度で表示する。

さらに、青の円環を同心上に配置する。この円環は、1秒間にその半径が11度から9度の範囲内で滑らかに収縮し、9度から11度へ瞬間的に戻り、再び収縮を繰り返す。

### 3.5 実験5 試験図形の位置変化

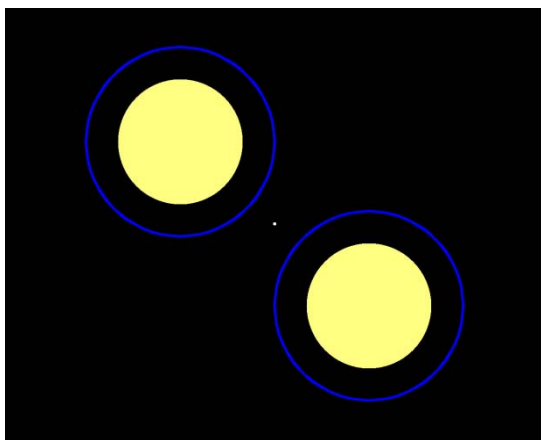


図5. 回転運動を加えた条件

実験4において、消失対象は固定されているのに対し、この実験では、対象に視覚の順応を無効にする動的な要素を加えて実験を行った。動的な要素は以下の通りである。

- 運動条件：図5のように、注視点を中心として偏心度14度の位置で回転運動を行う試験図形で実験を行った。
- 大きさ変化条件：試験図形の半径がわずかな範囲内で誘導図形の跳躍に合わせて、拡大収縮の変化を付けた実験を行った。
- 色彩条件：誘導図形の跳躍に合わせて試験図形の色彩が黄から白の色で変化する。

### 3.6 実験6 試験図形の個数

消失対象の個数を、2点から3点に増加させて行う。実験2と実験4を組み合わせ、拡大した3点の対象の場合、消失が確認できるかの実験である。

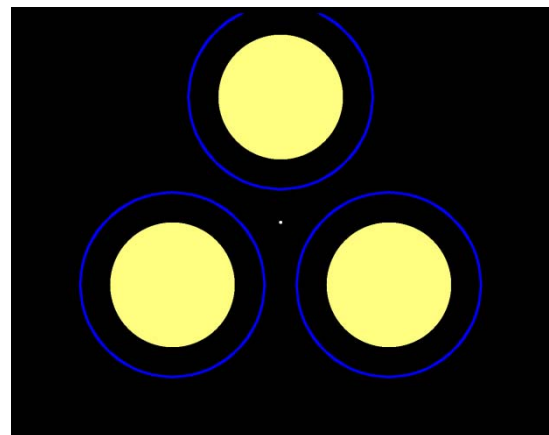


図6. 大面積要素3図形における消失

### 3.7 実験7 試験図形内部構造

過去の実験で行われてきたMIBの実験においては、誘導対象は小さな点のため、内部に模様やノイズを含ませる事が出来なかった。本実験では、拡大した対象内に異なる対象が含まれる場合を考え、図7で示すように、実験6の内部に半径視角3.5度の円図形を配置した。色彩は、初期条件として比較的輝度の明るい黄、シアン、マゼンタを使用した。色彩の組み合わせと色彩は、任意に変更した。

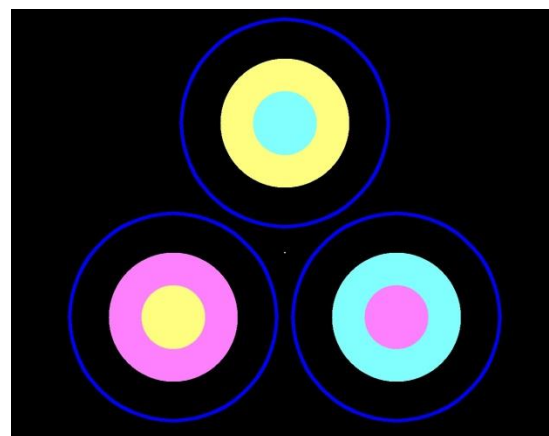


図7. 消失対象内部に円図形を配置した条件

## 4. 実験結果

### 4.1 実験1

通常のMIBにより、等輝度条件においても対象の消失が確認された。



#### 4.2 実験2

運動条件 (MIB) : 対象の点は、同期して消失が確認された。消失時と誘導図形の運動の関係は、同心の円環が運動を内側または、外側に運動方向を変えたとき消失した。観測者は、頻繁に複数の点の消失を体験していた。消失時間は事実上、一時的な効果であった。

点滅条件 (FIB) : 消失が確認された。しかし、FIB の効果は、運動条件に比べ顕著なものではなかった。

#### 4.3 実験3

消失は不可能ではないがかなり限定的であった。しかし MIB と FIB の両方で確認できた。円環の全体を一度に消失するためには、長時間にわたり強固に固定して注視する必要がある。円環の部分的に限られた領域においては、頻繁に消失が確認された。

#### 4.4 実験4

上部の円図形、下部の円図形もしくは、その両方で、数秒間にわたる注視点の固視によって順応し、自発的に消失した。誘導図形が急速に変化を起こす瞬間に、一時的に同期して消失する。そこで我々は、この現象に TIB (Transilience Induced Blindness) と名付けた。

図4に示すように縦方向に配置した場合が、水平に配置される場合よりも効果的に消失すると多くの被験者が報告した。輝度の組み合わせについても、同様に非対称性が示唆された。すなわち、暗い背景上の明るい対象の状態である方が、逆の状態よりも消失が効果的である結果が得られた。

各被験者の測定結果から、消失時間が最大の被験者は平均約 6.95 秒、最少では平均約 0.55 秒となり、全体の平均として約 2.87 秒となった。

#### 4.5 実験5

TIB には、安定な順応が必要であった。消失対象が、緩やかな動き、色の変化、または、面積の変化が誘導図形の跳躍に同期していると、TIB はただちに消失した。

#### 4.6 実験6

実験4の場合と同様に、消失は確認できた。消失時間は、最大の被験者で平均約 4.84 秒、最少では平均約 0.6 秒、全体の平均として約 2.45 秒となった。

#### 4.7 実験7

興味深い結果が得られた。消失する場合は、3通りの消失が確認された。(1) 内部円図形は消失せず、外部円図形のみ消失した。(2) 外部及び内部の円図形が同時に消失した。(3) 内部円図形が外部円図形の色彩で満たされ消失した。また、(3)の消失が確認された場合において、後に(2)の全体的な消失が確認されることが多く報告された。

色彩の組み合わせを変更した場合でも、同様の結果が得られた。

### 5. 考察および結論

我々は、運動が消失に関係していることは明白なことから、MIB の原因が、外側膝状体の大細胞層の機能に関係していると推測した。しかし等輝度条件の誘導刺激を使用した実験を行ったが、錯覚を無効化する効果を発見することはできなかった。

MIB において消失の同期が達成された。消失の瞬間は、円環の運動が内側から外側、または、外側から内側に变化する場合であることがわかった。

消失の瞬間は誘導図形の不意の習慣的な変化であることから、新たな誘導刺激を工夫することによって、拡大した大きな図形に対しても、消失を誘発することが可能になった。

従来の MIB と我々の TIB では、特有の違いがあることが分かった。従来の MIB では、数秒間の間消失が継続する。これに対して、我々の TIB は、短時間の消失であった。TIB における誘導刺激は不意変化を行っており、多くの被験者が、不意変化のタイミングにおいて消失を確認し、さらに、不意変化が生じるタイミングにおいて、消失した対象が再度知覚されることを確認している。このことから、誘導刺激は、MIB を中断または、解消する機能も含まれると考えられる。これが事実ならば、長時間の消失に効果的

な異なる刺激を考案できる可能性がある。また、誘導刺激は繰り返し不意変化を生じるため、短時間の消失となった可能性がある。

実験6では実験4よりも消失時間が約15%低下した。

実験4と実験6において、2対象と3対象の実験において両者の消失のタイミングを比較した。有意水準5%の対応のあるt検定を実施すると、 $t=1.449$  ( $p=0.074$ )となり、有意差は見られなかった。また消失時間に対しても $t=1.076$  ( $p=0.141$ )となり、有意差は見られなかった。

実験7では、消失図形内部に異なる消失要素が含まれた場合であっても、外部円図形、内部円図形の消失が確認された。内部円図形のみ消失には、外部円図形がFIすることがわかった。さらに、FIの後に均一となった円図形全体の消失も確認された。誘導刺激は、外部円図形の大きさに対応していることから、外部円図形の消失時に、内部がFIしていれば、円図形内部に他の消失要素が含まれる場合においても、消失が可能である。

関連の研究が[14][15][16][17]にある。また[18]にはオンラインデモが掲載されている。

### 謝辞

初期の研究に貢献いただいた研究室の諸氏に深謝する。

### 参考文献

- [1] Bonneh, Y. S., Cooperman, A., & Sagi, "Motion-induced blindness in normal observers", *Nature* 411, pp.798-801, 14 June (2001).
- [2] Graf, E. W., Adams, W. J., & Lages, M., "Modulating motion-induced blindness with depth ordering and surface completion", *Vision Research*, vol.42, pp.2731-2735, (2002).
- [3] Hsu, L. C., Yeh, S. L., & Kramer, P., "Linking motion-induced blindness to perceptual filling-in", *Vision Research*, Vol.44, pp.2857-2866, (2004).
- [4] Wallis, T. S. A., & Arnold, D. H., "Motion-Induced Blindness and motion Streak Suppression", *Current Biology*, Vol.19, pp.325-329, (2009).
- [5] Carter, O. L., & Pettigrew, J. D., "A common oscillator for perceptual rivalries?", *Perception*, vol.32, pp.295-305, (2003).
- [6] Funk, A. P., & Pettigrew, J. D., "Dose interhemispheric competition mediate motion-induced blindness? A transcranial magnetic stimulation study", *Perception*, Vol.32, pp.1325-1338, (2003).
- [7] Caetta, F., Gorea, A., & Bonneh, Y. S., "Sensory and decisional factors in motion-induced blindness", *Jour. of Vision*, 7(7);4, (2007).
- [8] Kawabe, T., Yamada, Y., & Miura, K., "How an abrupt onset cue can release motion-induced blindness", *Consciousness and cognition*, Vol.16, pp.374-380, (2007).
- [9] Kawabe, T., & Miura, K., "Subjective disappearance of a target by flickering flankers", *Vision Research*, Vol.47, pp.913-918, (2007).
- [10] Ramachandran, V. S., & Gregory, R. L., "Perceptual filling in of artificially induced scotomas in human vision", *Nature*, Vol.350, No.6320, pp.699-702, (1991).
- [11] New, J. J., & Scholl, B. J., "Perceptual Scotomas : A Functional Account of Motion-Induced Blindness", *Psychological Science*, Vol.19, pp.653-659, (2008).
- [12] Hsu, L. C., Yeh, S. L., & Kramer, P., "A common mechanism for perceptual filling-in and motion-induced blindness", *Vision Research*, Vol.46, pp.1973-1981, (2006).
- [13] Tschacher, W., Schuler, D., & Junghan, U., "Reduced perception of the motion-induced blindness illusion in schizophrenia", *Schizophrenia Research*, Vol.81, pp.261-267, (2006).
- [14] Naito, S., "Synchronous Motion-Induced Blindness and Disappearance of a Ring", *Ann. Meeting of Vision Science Society*, May (2010).
- [15] Katsumura, M., Shohara, R., & Naito, S., "Transilience Induced Blindness", *Ann. Meeting of Vision Science Society*, May (2011).
- [16] Shohara, R., Katsumura, M., & Naito, S., "Selective Filling-in of Large Artificial Scotoma", *Ann. Meeting of Vision Science Society*, May (2011).
- [17] Naito, S., Katsumura, M., & Shohara, R., "Motion Induced Blindness, Artificial Scotomas, and Perceptual Filling-in", *IEICE Technical Report PRM2010-283(2-11-03)*.
- [18] On-line demonstrations of VSS2010&2011  
[http://www.snaito.et.u-tokai.ac.jp/VSS2011S\\_NAITO/](http://www.snaito.et.u-tokai.ac.jp/VSS2011S_NAITO/)
- [19] 正原, 勝村, 内藤 FIT2011