

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 9 日現在

機関番号：27104

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22530798

研究課題名（和文） 瞬目の非侵襲的記録システムによる興味・関心の検出

研究課題名（英文） The detector of interest using non-invasive eye blink recording system

研究代表者

福田 恭介（FUKUDA KYOSUKE）

福岡県立大学・人間社会学部・教授

研究者番号：30173347

研究成果の概要（和文）：

瞬目のための低コストのビデオ非侵襲的記録システムを2種類開発した。OpenCVを用いた瞬目検出システムにおいては、Haar特徴量とテンプレートマッチングを併用して眼領域の検出をおこなった。Ni Visionを用いた瞬目検出システムにおいては、開眼状態と閉眼状態の眼の画像をテンプレートとして相関係数を求めて瞬目を検出した。いずれの手法もシステムを用いた瞬目判定が上手くいかない場合は、解析者が修正できるようにした。瞬目活動については、サッカードオンセット、反応オンセット、刺激オンセットからの瞬目時間分布を調べた結果、瞬目は運動反応よりも、眼球運動と関連することが示され、低コストの非侵襲的瞬目検出システムを使って興味・関心の手がかりが得られる可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Two kinds of non-invasive video recording system for eye blinks were developed. In the first eye blink detection system using the OpenCV, the field around an eye was detected using both of the Haar-like features and the template matching. In the second system using the Ni Vision, the eye blink was detected by correlation coefficient matched with the opened or closed eye images as templates. A human analyzer could correct the criteria for eye blink detection in both system. Using these recording systems, the temporal distribution of eye blink time-locked with stimulus onset, saccade onset and response onset was investigated. It is suggested that eye blinks were related to eye movements than motor response, and that eye blinks could be clues for the interest using low cost non-invasive video detecting systems for eye blinks

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,700,000 | 510,000 | 2,210,000 |
| 2011年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 2012年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 総計 | 3,000,000 | 900,000 | 3,900,000 |

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学，実験心理学

キーワード：瞬目，非侵襲的記録システム，興味・関心の検出

1. 研究開始当初の背景

「目は口ほどにものを言う」ということわざがあるが、まばたき（瞬目）の発生の仕方についても、そのタイミングを見ていくと、予期や認知処理は瞬目抑制と関連し、認知処理

終了は瞬目発生と関連している。このようなことが明らかにされているにも関わらず、瞬目発生のタイミングを非侵襲的に記録するためのシステムはまだ十分ではない。ビデオ法を用いて瞬目に伴う眼瞼裂の変化をとらえる

ことができれば瞬目のタイミングをとらえることができる。むしろ困難なのは、被験者の眼の位置を自動追尾することである。被験者がコンピュータ画面に向かっていて範囲内で眼が動く程度であれば、眼のテンプレートに基づいて追尾できるようなシステムを開発することが可能である。ここでは2つの瞬目測定のための非侵襲的システムを提案する。

瞬目発生が興味・関心を見るための指標になるかどうかについても、まだ実証的な研究が行われていない。これまでのわれわれの研究に基づけば、予期や認知処理のように注意を向けたとき瞬目は抑制され、注意がはずれたときに瞬目が発生することが瞬目時間分布によって明らかにされている。瞬目時間分布とは、刺激提示、ボタン押し、あるいはサッカードに伴う瞬目発生の時間をヒストグラムに表したものである。これにより、どのタイミングで瞬目が抑制され、どのタイミングで瞬目が発生しているかを明らかにでき、興味・関心を探る指標として利用可能だと考えられる。

2. 研究の目的

(1) ノート PC に附属しているような小型ビデオカメラを使った2種類の瞬目非侵襲的記録システム

① 眼領域輪郭特定による瞬目検出システム

モニタ画面に表示された課題に従事しているときの瞬目活動を計測し解析するシステム開発を目的とした。開発したシステムは以下の2つの特徴を持つこととした。

(1) 実験中に自然に発生する多少の顔や眼の動きに対しては、システムが眼領域を自動追従できること。

(2) 瞬目を完全に自動で検出することは技術的に困難であるため、システムが眼領域や眼の開度を検出できない場合あるいは誤検出していると思われるような場合は、解析者が修正できること。

② 眼画像との照合による瞬目検出システム

ノート型 PC の画面上部にテレビ会議用途で埋め込まれている汎用の USB カメラを用い、室内の通常の照明下で実験協力者の正面上半身の映像を取得した。得られた低品質の映像に NI VISION のテンプレートマッチング機能を適用し、目の画像をテンプレートとするテンプレートマッチングを実行して目の開閉を判別した。この方法により、実験協力者がディスプレイを見ながら作業をしているときの瞬目を検出することを目的とした。

(2) 2つの記録システムを使った4つの条件における瞬目時間分布とシステムの仕様可能性の検討

① TOT 現象と瞬目

よく知っているはずの顔や物なのに、その名前が出てこないという「喉まででかかって

いる (TOT: Tip of the Tongue)」現象 (Yarmey, 1973) と瞬目との関係を明らかにするために、有名人の顔を視覚的に呈示し、実験参加者にその人物の名前を思い出させた。瞬目は、記憶システムへのアクセスとともに瞬目が生じるので(福田・松尾, 1999), TOT 状態のどの時点で瞬目数が増加するかによって、TOT の始まりを瞬目で予測できる。本研究では、瞬目時間分布により TOT 状態の始まりについて検討した。

② 視覚探索課題におけるサッカードと瞬目

視覚探索課題とは、複数の妨害刺激の中からターゲットを見つける課題で、1種類の特徴の違いを見つけ出す PopOut 課題と、2種類以上の特徴の中からターゲットを見つけ出す結合探索課題がある。本研究では、眼球運動のサッカード定位と瞬目発生の関係を調べた。

③ 刺激提示確率と瞬目

コンピュータ画面上に次々出現する刺激の中でターゲットの後には瞬目が起きやすく、刺激間の時間間隔が短くなるとターゲットの後だけに瞬目が起きやすいことが明らかにされている (Fukuda, Hayami, Shidoji, & Matsuo, 2008)。本研究では、ターゲットの提示確率が瞬目発生に及ぼす影響について検討した。

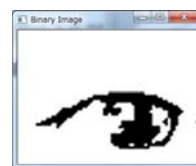
3. 研究の方法

(1) 2種類の瞬目記録ビデオシステムの開発方法

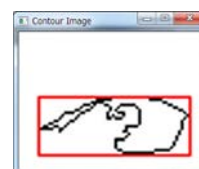
① 眼領域輪郭特定による瞬目検出システム



(a) 眼領域の検出



(b) 二値化



(c) 眼の開度

図1 眼の開度の算出

(1)の実験中の顔や眼の動きの自動追従については、最初に、Haar 特徴量で眼領域を検出し、それまでの履歴から判断して眼領域とは判断できない場合に、テンプレートマッチングを用いて検出した眼領域を眼領域とすることで実現した。

(2)のシステムで眼領域や眼の開度を検出できない場合あるいは誤検出と思われるような場合に解析者が修正できるようにすることについては、以下のような2つのモードを設けることで実現した。

初期確認モード：顔を撮影した動画(MOV形式およびAVI形式)を読み込むことで初期確認モードとなる。フレーム毎に眼領域の検出をおこなった。検出できない場合は、マウスにより解析者が眼領域を指定した。眼領域は二値化され、所定値よりも黒い領域(瞼縁や瞳孔輪郭等)の輪郭を求め、上瞼と下瞼の最大間隔を眼の開度とした(図1)。瞬目判定は、眼の開度が所定値よりも小さい場合を対象に開発アルゴリズムを用いておこなった。うまく瞬目検出ができない場合は、解析者が眼領域や二値化閾値を再定義することや瞬目判定結果を直接手入力することで修正できるようにした。解析結果はCSV形式のファイルに保存できるようにした。

確認モード：CSV形式のファイルを読み込むことで確認モードとなる。顔画像等を見ながら、初期確認モードでの解析結果を確認し、必要に応じて修正することができる。修正結果は、別名のCSV形式で保存される。このCSVファイルを読み込むことで何度でも確認、修正を繰り返しおこなうことができる。

②開眼画像照合による瞬目検出システム



図2 開眼と閉眼のテンプレート画像

RGB から HSL への変換により得られる輝度情報のグレースケール(取得した映像の色味を落としたもの)にテンプレートマッチングを適用した。テンプレートマッチングは、2次元平面上の濃度分布がテンプレート画像に近い画像内の領域を探索する方法である。テンプレートとして実験協力者の開眼時と閉眼時の目の周辺の矩形領域を使用した(図2)。いずれにおいても左右は目元から目尻まで、上下は上下睫毛を含む眉の下から頬骨の上までをテンプレートの範囲とした。テンプレート画像と画像内の任意の位置で切り取った同じ大きさの画像との間の濃度分布の相関を評価スコアとした。映像のフレーム

ごとにこのスコアが最も高い位置を検索した。評価スコアを時系列として並べると、開眼テンプレートを使用した場合は相関が低い時刻が、閉眼テンプレートを使用した場合は相関が高い時刻がそれぞれ瞬目発生時刻であると考えられた。

(2)3個の実験における方法

①TOT減少と瞬目

実験参加者：大学生10名であった。

刺激：全く知らない顔写真20枚、有名人の顔写真74枚、計94枚を液晶画面に2秒間の空白をはさんで2秒間提示した。

手続：液晶モニタの前80cmに着席した参加者の眼を小型カメラで撮影しながら、顔写真提示2秒後に人物の名前を答えてもらった。知らない場合は、わからないと答え、顔はわかるのに名前が思い出せない場合は、その人物について職業や見た場面などについて答えてもらった。

瞬目分析手続：顔写真提示1秒前から、「名前を言って下さい」の終了時までの計7秒間について瞬目時間分布をもとめた。「知らない顔」、「知っている顔」、「TOT」と3つに分類された条件間で瞬目の比較を行った。

②刺激提示確率と瞬目

実験参加者：大学生21名が個別に実験に参加した。

刺激：コンピュータ液晶画面上に

「×××××」をISI(2秒)として

「××△××」か「××▽××」のいずれかが0.5秒ずつ合計40回提示された。△/▽刺激の提示確率は、20%(8回)/80%(32回)、50%(20回)/50%(20回)、80%(32回)/20%(8回)の3条件であった。

実験手続：参加者の瞼の動きを小型カメラで撮影しながら、△/▽の数を黙って数えるように求めた。参加者は、各条件終了後、指定された△/▽の数がいくつあったかを口頭で報告した。参加者の瞬目と刺激の提示は、画像ミキサーによって1つの画面に同時記録された。

分析手続：ビデオ画面をスロー再生しながら、ターゲット刺激開始から2.5秒間に生じた瞬目数と非ターゲット刺激開始から2.5秒間に生じた瞬目数を数えた。

③視覚探索課題におけるサッカードと瞬目

実験参加者：実験に同意を得た成人6名。

刺激：PopOut課題は70個前後のFの中に傾いたFが1個、結合探索課題は70個前後のF・E・Eの中に傾いたFが1個あるいは2個、提示された(図3)。「Fを見つけたら、手元の右のキーを、なかったら左のキーを、できるだけ早く押してください」という指示を与えた。

装置：眼球運動と瞬目はNAC EMR-8、反応時間はSuper Lab 4.0により測定した。

実験手続き：実験は、(1) PopOut, (2)結合探索 1 個, (3)結合探索 2 個の 3 条件からなり、(3)では 1 個目のターゲット後にキーを押し(結合探索 1/2), つづけて 2 個目を見つけてキーを押しした(結合探索 2/2)。



図 3 提示刺激例 ○はターゲット

4. 研究成果

(1)2 種類の瞬目記録ビデオシステムの成果

①眼領域輪郭特定による瞬目検出システム

当初の開発システムのイメージとかなり近いシステムを開発することができた。改善点等の意見を求めるため、数名の瞬目研究者に対してプログラムの提供をおこなった。現在のところ、「ユーザインタフェースに改善余地があるが瞬目計測が楽になった」、「これまで瞬目計測をあきらめていた状況で活用することができそうだ」等の意見を得ている。今後、それらの意見を元にプログラムの改善を図る。

②眼画像との照合による瞬目検出システム

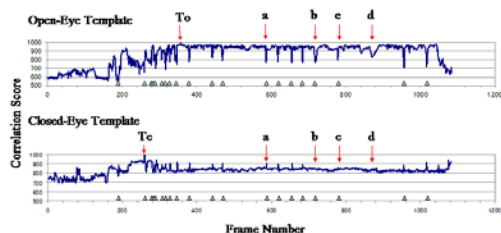


図 4 相関係数の時系列変化 (△は目視で検出した瞬目発生時刻)

開眼テンプレートと閉眼テンプレートにより同一の映像から得た相関係数の最大値の時系列変化を図 4 に示す。

瞬目時の相関係数の変動は開眼テンプレートのほうが大きく、開眼テンプレートのほうが目のおよその開閉を調べる目的に適合すると考えられた。閉眼テンプレートは眉や唇を検出することがあり、顔の表情の影響も受けやすかった。多くのテンプレートを用意すれば表情から瞬目を分類できる可能性があると考えられた。

(2)2 つの瞬目検出システムに対する評価

瞬目は生理的指標であるが、その発生を視覚的に捉えることができるため、人間が目視によって判断することが可能である。そのため瞬目の測定法としてビデオ法が用いられてきた。初期のビデオ法は、ビデオ画像を手作業でコマ送りしながら目視によって瞬目を特定する原始的な手法が採られていた。目視は確実な手法であるが、手間のかかる作業であ

り、自動化を行うことが求められてきた。

松尾・福田(1996)は、画像処理装置によって上瞼の位置情報を取り出し、その情報をコンピュータで処理する方法によってビデオ法の自動化を行った。当時は、まだコンピュータのハードウェア性能が十分でなかったため、画像処理装置によって前処理を行った。ただし、画像処理装置や実験参加者に装着する小型ビデオカメラが高価であったため、システム全体としてかなり高価格であった。さらに、眼の画像を撮るために、実験参加者の頭部にカメラの装着が必要となり、侵襲的な手法であった。

近年、コンピュータのハードウェア性能が向上し、カメラの価格も低下したため、特殊な装置を使わずに低コストで瞬目の非侵襲的な記録が可能となってきた。また、眼だけの映像を捉えることなく画像処理によって眼を特定して処理をすれば、実験参加者の動きの自由度が増すこととなった。

本研究ではより低コストで実現できるようにノート PC に付属の小型ビデオカメラを用いて瞬目が検出できる 2 つのシステム、眼領域輪郭特定によるシステムと眼画像との照合によるシステムの 2 つを提案した。

カメラで捉えるのは眼だけの画像ではないため、まず眼を特定することが必要となる。いずれのシステムにおいても眼の画像のテンプレートマッチングを用いた手法によって実現した。眼領域輪郭特定によるシステムでは、Haar 特徴量で眼領域を最初に検出するが、うまくできない場合テンプレートマッチングを使った。一方、眼画像との照合によるシステムでは、グレースケール画像において濃度分布の相関を算出し、それを評価スコアとし、スコアの最も高い位置を検索することによって眼の位置を特定した。

瞬目の検出においては、眼領域輪郭特定によるシステムでは眼領域内を 2 値化し、黒い領域の輪郭によって眼の開度を求め、その開度によって瞬目かどうかの判定を行っている。一方、眼画像との照合によるシステムは、テンプレート画像として開眼画像と閉眼画像を用いた。開眼画像だけを用いる場合、眼領域の検出において眼が見つからなかった場合、閉じた状態つまり瞬目が生じていると判断できる。

松尾・福田(1996)の場合、眼を特定する処理が必要でなかったが、瞬目の検出においては上瞼の動きに関する複数のパラメータの設定によって同定を行うシステムであった。そのパラメータの設定は、実験参加者ごとに設定する必要があり、適切に設定するためには作業時間を要していた。一方、本研究で提案した手法では、眼の特定と瞬目の検出の 2 つの処理が必要であるが、テンプレートマッチングを行っており、実験参加者ごとに本実験に

入る前にテンプレートになる画像を適切に取得選択ができれば、細かなパラメータの設定の必要がない。

しかし、あるテンプレートで完全に眼の特定と瞬目の検出を完全自動化することは難しく、テンプレートの選択をどうするのかの問題はいずれのシステムにおいても残された課題である。眼領域輪郭特定によるシステムにおいては解析者が眼の領域や2値化の閾値を再定義するようにしている。解析者によって再定義することは松尾・福田(1996)のシステムでも採った方法であり、人間の認識判断をルール集合として完全に表象化することは難しく、このような方法をシステムの中に採り入れていくことがひとつの方策だと考えられる。

瞬目検出の自動化の精度を上げていく課題はあるものの、いずれの手法も当初の目的であるノート PC 付属のカメラを用いた低コストのシステムを実現することができたと考えられる。

(3) 3 個の実験成果

①TOT 現象と瞬目

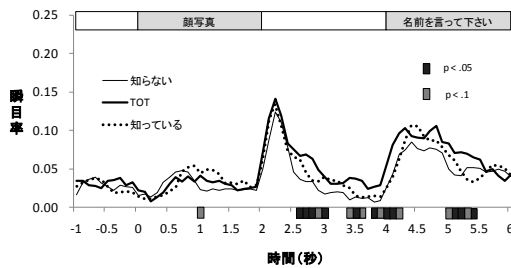


図 5. 顔写真呈示に伴う瞬目時間分布

94 枚の顔写真のうち、実験参加者が知らないと答えた枚数は平均 27.1 枚、知っていると答えた枚数は平均 40.6 枚、TOT となった枚数は平均 25.7 枚であった。

瞬目は、顔写真消失直後に集中して発生し、その後、知らない場合は「名前を言って下さい」まで瞬目が抑制されたのに対し、TOT の場合は抑制の程度が小さかった。顔写真消失後 0.5 秒前後から瞬目発生に変化が生じ、口答指示により一時的に条件差はなくなるが、口頭で答えているときも、その影響は続いた。以上のことから、TOT 状態が始まるとともに記憶システムへのアクセスが頻繁となり、そのことが瞬目発生に影響する可能性が示唆された。

②刺激呈示確率と瞬目

図 6 に、ターゲット刺激および非ターゲット刺激の提示確率の違いによる瞬目数/分をまとめた。ターゲットの刺激提示確率が高くなるにつれて瞬目数は減少し、刺激提示確率が等しい場合、ターゲット呈示時の瞬目数が多かった。以上のことから、参加者の刺激へ

の関連度が高くなれば、瞬目数は増加し、その刺激が稀であればあるほど瞬目数が増えることが示され、瞬目は選択的注意の指標になることが示唆された。

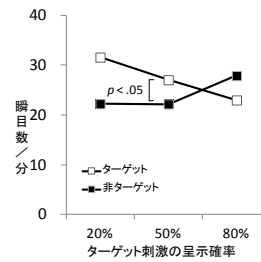


図 6 刺激の呈示確率に伴う瞬目率の変化。ターゲットの提示確率が 20% の場合、非ターゲットの提示確率は 80% となっている。

③視覚探索課題におけるサッカードと瞬目

刺激提示からキーを押すまでの時間を反応時間 (RT) とした (表 1)。

表 1 視覚探索課題における反応時間 (ms) () 内は標準偏差

| | PopOut | 結合探索1個 | 結合探索1/2 | 結合探索2/2 |
|----|------------|-------------|------------|-------------|
| あり | 770 (158) | 4164 (1128) | 2253 (247) | 3274 (808) |
| なし | 1904 (937) | 9932 (2741) | | 6336 (1090) |

RT は、PopOut < 結合探索 1/2 < 結合探索 2/2 < 結合探索 1 個の順になった。ターゲットなしの場合、RT は、PopOut < 結合探索 2 < 結合探索 1 の順になった。サッカード定位を起点として前後 1 秒間において瞬目時間分布を表した (図 7)。サッカード定位前では瞬目が抑制され、サッカード定位後 0.6~1.1 秒において瞬目が頻発し、結合探索課題 1/2 ではサッカード定位後の瞬目頻発は見られなかった。

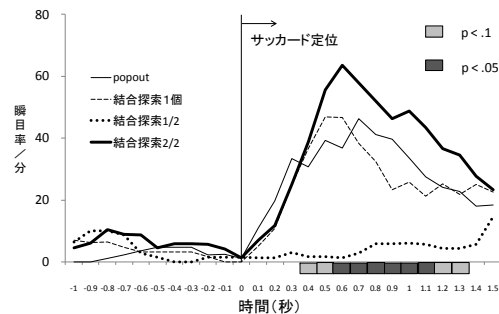


図 7 サッカード定位を起点とする瞬目時間分布

瞬目は、視覚探索中は抑制され、サッカード定位に伴って頻発したが、結合探索課題 1/2 の際には瞬目頻発が起らず、処理が連続しているときは瞬目が抑制され、一連の処理が終了したときに瞬目が発生することが示された。

(4) まとめ

本研究では、2つの非侵襲的瞬目検出システムを開発し、いずれもノートPC付属のカメラを用いた低コストのシステムを実現することができた。また、瞬目は興味・関心の生理的指標になることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- (1) 早見武人・福田恭介・松尾太加志・志堂寺和則「眼画像のパターン認識を用いた瞬目の自動検出」電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス(2012), 111(423), 135-139. 査読あり
- (2) 吉岡和子・福田恭介・中藤広美 「保育・教育現場における特別支援へのペアレントトレーニングの応用」福岡県立大学心理臨床研究 (2010) 2号 57-69. 査読あり

[学会発表] (計11件)

- (1) 志堂寺和則・福田恭介・松尾太加志・早見武人「OpenCVを用いた瞬目検出システムの開発(2)」第21回まばたき研究会(兵庫県民会館) 2013.03.23
- (2) 福田恭介・林田和菜・志堂寺和則・松尾太加志・早見武人「ビデオ法による瞬目波形」第21回まばたき研究会(兵庫県民会館) 2013.03.23
- (3) K. Fukuda The relationship between blink activity and temporal-spatial attention. Symposium at the 16th World Congress of Psychophysiology. (Pisa, Italy) 2012.09.16
- (4) 福田恭介・松尾太加志・志堂寺和則・早見武人「刺激提示確率と瞬目数」第30回日本生理心理学会大会(北海道大学) 2012.05.02
- (5) 福田恭介・鎌倉摩伊子・松尾太加志・志堂寺和則・早見武人「時間的注意・空間的注意と瞬目」第20回まばたき研究会(東京ガーデンパレス) 2012.03.26
- (6) 早見武人・福田恭介・松尾太加志・志堂寺和則「ノート型PCに記録された瞬目画像の自動解析」日本心理学会第75回大会ワークショップ話題提供(日本大学) 2011.09.16
- (7) 志堂寺和則・福田恭介・松尾太加志・早見武人「Open CVを用いた瞬目検出システム」日本心理学会第75回大会ワークショップ話題提供(日本大学) 2011.09.16
- (8) 福田恭介・藤岡彩佳・志堂寺和則・松尾太加志・早見武人「ボタン押しの意志決定と瞬目」第19回まばたき研究会(大阪) 2011.08.25

- (9) 福田恭介・志堂寺和則・松尾太加志・早見武人「男女の顔の表情を検出しているときの瞬目時間分布」第29回日本生理心理学会大会(高知大学) 2011.05.21
- (10) 鎌倉摩伊子・福田恭介・松尾太加志・志堂寺和則・早見武人「視覚探索課題におけるサッカーカードと瞬目」九州心理学会第71回大会(長崎大学) 2010.11.06
- (11) 福田恭介・早見武人・志堂寺和則・松尾太加志「のどまで出かかっている状態における瞬目活動」日本心理学会第74回大会(大阪大学), 2010.09.21

[図書] (計1件)

福田恭介:「ペアレントトレーニング実践ガイドブックーきつとうまくいく。子どもの発達支援」258頁(2011)あいり出版(京都)

6. 研究組織

(1)研究代表者

福田 恭介 (FUKUDA KYOSUKE)
福岡県立大学・人間社会学部・教授
研究者番号: 30173347

(2)研究分担者

志堂寺 和則 (SHIDOJI KAZUNORI)
九州大学・大学院システム情報科学研究院・教授
研究者番号: 50243853

松尾 太加志 (MATSUO TAKASHI)
北九州市立大学・文学部・教授
研究者番号: 70229425

早見 武人 (HAYAMI TAKEHITO)
岡山大学・大学院自然科学研究科・講師
研究者番号: 60364113