

Title	妨害による知的活動支援技術の確立とその日常的学び活動への応用
Author(s)	西本, 一志
Citation	科学研究費助成事業研究成果報告書: 1-6
Issue Date	2018-06-01
Type	Research Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/15380
Rights	
Description	基盤研究(B) (一般), 研究期間: 2014 ~ 2017, 課題番号: 26280126, 研究者番号: 50313721, 研究分野: メディア情報学

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：13302

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26280126

研究課題名(和文) 妨害による知的活動支援技術の確立とその日常的学び活動への応用

研究課題名(英文) Establishment of a technology for supporting intelligent activities by exploiting obstructive factors, and applications of this technology to our everyday learning activities

研究代表者

西本 一志 (Nishimoto, Kazushi)

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授

研究者番号：50313721

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,200,000円

研究成果の概要(和文)：工学研究は、人々の生活を便利にする技術の実現を目的として推進されてきた。しかしながら、過剰で近視眼的な便利さの追求の結果、副作用として各種の問題が生じてきている。この1つの解決策として、筆者らは、妨害的要素をあえて導入することによって、人による人間的な営みに対して、異なる視点、あるいは高次の視点から見た場合にプラスの影響をもたらそうというメディア・デザインの考え方を提唱している。本研究成果報告書では、我々自身の研究事例に基づき構築した、妨害による支援システムのデザイン方法論について述べる。併せて、この考え方に基づき新たに開発した2つの語学学習支援システムの概略を示す。

研究成果の概要(英文)：The engineering studies have been promoted to create technologies that make our life more convenient. However, various undesirable side effects have arisen because of excessive and myopic pursuit of convenience. As one of the ways to solve this problem, we proposed a novel media-design concept where we produce positive effects from different and/or higher viewpoints by incorporating some obstructive factors into the media. This research report describes a methodology of designing support systems by exploiting obstructive factors constructed based on several cases. In addition, two language learning support systems newly developed based on this concept are outlined.

研究分野：メディア情報学

キーワード：知的活動支援 妨害要素 学習支援 不利益 デザインガイドライン

1. 研究開始当初の背景

工学研究は、人々の生活を便利にする技術の実現を目的としてこれまで推進されてきた。しかしながら、過剰な便利さの追求の結果、副作用として各種の問題が生じてきている。たとえば、交通手段の発達・普及により、人々が自らの足で歩くことが大きく減少した結果、運動不足に起因する生活習慣病が増加していることは、ひとつの典型例である。このような状況を鑑み、我々は、2006年に「スロー・メディア」という概念を提案した[1]。これは、目先の便利さのみを追求するのではなく、一見不便であったり不合理であったりするような機能や、場合によっては妨害となりそうな機能をあえて導入することによって、人による人間的な営みに対して、高次の視点から見た場合にプラスの影響をもたらそうというメディア・デザインの考え方である。以来、この考え方に基づくさまざまなメディアの研究開発を推進し、近年は特に「妨害的機能を軸とした人間の知的活動支援技術」の研究開発に注力している。

スロー・メディアの概念と類似した工学的デザイン・パラダイムとして、川上らは「不便益」という概念を提案している[2]。部分的に不便さを残したり、不便な機能を追加したりすることで、「便利さによる害」を排除し、さらに有益な副作用としての「不便益」をもたらそうという考え方である。また、山口県にあるデイサービスセンター「夢のみずうみ村」では、「バリア・アリー」[3]という考え方を提案・実践している。施設内に段差や坂などのバリアを意図的に設けることで、移動の便利さを部分的に損なう代わりに、高齢者の身体機能を回復・維持することを目的としている。このように妨害要素や不便さを採り入れることによって、より広く高次の視点から見たプラスの効果を求める動きが、近年広がりを見せつつある。

しかしながら、我々の知る限りでは、妨害要素や不便さを採り入れるための体系的なデザイン方法論はまだ確立されていない。現段階では、既存のツールなどからその構成要素をひとつ取り除いてみたり、なんらかの妨害や不便さを思いつくままに追加してみたりするような、試行錯誤的手段にとどまっている。妨害による知的活動支援技術を実用化していくためには、体系的なデザイン方法論の確立が不可欠である。一方、学習支援技術研究のほとんどは、「学びに『便利な』機能を提供する」という従来型の工学的アプローチをとっており、妨害要素を積極活用して日常的な学びを支援する試みは見当たらない。しかし、妨害要素の活用が日常的な学びの支援に有効である事例が、我々の研究成果として得られている。

2. 研究の目的

従来工学では、目的達成の妨害となる要素は排除すべきものであった。しかし、高次の

視点から見ると、妨害要素が有益に作用するケースがある。学習支援技術研究の大半は、学びに便利な機能を提供する従来型の工学的アプローチをとっており、妨害要素を積極活用して学びを支援する試みは見当たらない。本研究は、我々がこれまで研究してきた「妨害による知的活動支援技術」を、日常活動における学びの場面に埋め込むことにより、教育的応用の実現を目指すものである。本研究期間内には、妨害による知的活動支援のための体系的デザイン方法論を構築し、妨害手段の具体的組み込み手法を考案する。さらに、これらの知見を適用した学習支援システムを考案・実装し、日常的学びにおける妨害による支援の有効性を実証する。

3. 研究の方法

研究項目 A) 妨害による支援の体系的デザイン方法論の確立と、B) 妨害の手段とその組み込み手段の研究開発の2項目を26~28年度に実施する。26年度は、すでに推進中の「漢字形状記憶損失を防ぐ漢字入力システムの研究開発」と「微少遅延フィードバックを用いた知的活動支援技術」の研究の継続により、研究項目 B) に関する技術の実現を目指す。並行して、研究項目 A) に関し、事例に基づいて妨害のあり様を分析し、妨害とユーザ経験の対応関係を明らかにし、28年度末までにデザイン方法論を確立する。この間に得られる知見を逐次適用し、研究項目 C) 妨害による支援機能の日常活動への埋め込みとその有効性評価」28~29年度に実施し、いくつかの応用システムを構築して、運用実験によって提案手法の有効性を実証する。

4. 研究成果

4.1 妨害による支援のパターン

妨害要素を導入することによってなんらかのモノゴトを支援する仕掛けをデザインするためには、まず受益者は誰か、妨害を受ける被妨害者は誰か、それらはどういう関係にあるかを考慮する必要がある。本研究における事例調査の結果、以下の3つの関係性が許容されることが明らかになった。

1. **対象者一致型**: 受益者と被妨害者とが一致する場合。これは、多くの不便システムにおける、不便を被る者と受益者との関係性と同じである。
2. **間接受益型**: 被妨害者自身が直接的な受益者とはならないものの、被妨害者が属するコミュニティ全体が受益者となるなどの形で間接的な受益者となる場合。これは、先述の公園の車止めが典型例である。自動車のドライバーにとっては、車止めは遠回りを強いられるものであり、直接的な益はない。しかし、そのドライバーに子供がいて、その公園で遊ぶことがあるならば、自分の子供の安全を守るという意味で、間接的な受益者となる。同様に、地域や社会全体の益のために、その地域や社会に所属す

る一部の個人に対して多少の妨害を与えることも許容されよう。たとえば、自分自身に子供はいなくても、地域の子供達の安全のためには、多少の遠回りは受容されるべきである。

3. **防衛型**：ある人（達）が意識的あるいは無意識的に行っている行為が他者に損害を与えている、あるいは与える可能性が高い場合に、これを防止ないし抑制するために、その行為を妨害するパターン。受動喫煙による害を防止するために全飲食店を禁煙化するような事例は、防衛型の典型例と言えるだろう。

また、妨害の対象となる行為と支援の対象となる行為の関係についても考慮する必要がある。本研究における事例調査の結果、これには以下の3つのパターンがあることが明らかになった。

1. **同一行為型**：妨害の対象となる行為そのものが支援対象である場合。
2. **非同一行為・同一場型**：妨害の対象となる行為が、支援対象となる行為とは異なり、かつ両行為が同一の場で行われている場合。
3. **非同一行為・非同一場型**：妨害の対象となる行為が、支援対象となる行為とは異なり、かつ両行為が異なる場で行われている場合。

これらのパターンの組み合わせに応じて、支援対象となる学び行為の種類がおおむね決まる。

4.1.1 対象者一致型かつ同一行為型

受益者と被妨害者が同じであり、かつ妨害対象行為と支援対象行為が同じである場合は、独習行為に適用できるパターンである。典型例としては、意図的に与えた妨害要素を乗り越えさせることによって、新たな知識や能力を身につけさせる例が挙げられる。該当する研究事例としては、ピアノ発表会などに向けて、発表曲のリハーサル練習を行っている際に、演奏者が打鍵した鍵に隣接する鍵の音を出力することでミスタッチをシミュレートするシステム Apollo13[3]がある。これにより、演奏会本番で演奏ミスをして、それで演奏が停止してしまうことを防ぐための訓練を行うことができる。

このような技能訓練では、いきなり大きな課題を与えるのではなく、大きな課題をいくつかの小さな課題に分割してそれらを順に提供してこれを乗り越えさせる、スモール・ステップ法がとられることが多い。この手法は、技能をまだ習得できていない段階には適用可能であるが、演奏会直前のリハーサルのような、ひとつおりの技能を獲得してしまっただけで、乗り越えるべき課題が無いと思われる状態には適用できない。このようなとき、本来は存在しないステップ＝妨害要素をあえて与えることが、ひとつの有力な訓練方法となりうる。Apollo13は、このような「仮想スモール・ステップ法」の考え方に基づい

歳 歳

図 1 形状が誤っている漢字と正しい形状の漢字の例

てデザインされている。

4.1.2 対象者一致型かつ非同一行為・同一場型

これは、もっとも多様な場面に適用できるパターンである。学びの支援を対象として考えた場合、ある行為に対する支援によって、その支援対象行為に関連する別の能力の獲得や維持が阻害されているような場合に、適用可能である。

該当する研究事例として、Gestalt Imprinting Method (G-IM) [5]がある。これは、漢字の忘却を防止する機能を持った漢字入力システムである。近年、パソコンや携帯電話、スマートフォンの普及により、漢字を手書きする機会が非常に少なくなった。この結果、日本や中国で、漢字を読めるが書けない人々の数が急増し、社会的な問題になっている。これは、現在普及している漢字入力システムが、中国でも日本でも、発音を漢字に変換する方式を採っており、漢字入力時にユーザが記述したい文字の正しい字形を意識する必要がないことに起因している。

そこでG-IMでは、「ときどき形状が誤っている漢字を出力し、これを正しい形状の漢字に修正しない限り文書を保存できないようにする」という手段をとった。形状が誤った漢字とその漢字の正しい形状の例を図1に示す。G-IMを使用することによって、ユーザは常に漢字の詳細な字形に意識を払うことを強いられ、同時に、システムが常に「正しい形状の漢字」を提示してくれる。これによって、ユーザの漢字形状記憶は強化されることが期待できる。つまり、G-IMは、漢字の入力という行為の支援の結果生じた、漢字を書く能力が損なわれている問題を解決している。

4.1.3 対象者一致型かつ非同一行為・非同一場型

受益者と被妨害者が同じであるが、妨害対象行為と支援対象行為とが異なり、ある場所で行われる行為を妨害することで、それとは全く別の場所で行われる別の行為が支援されるというケースは、やや想像しづらいかもしれないが、一般に「共有地の悲劇」[7]と呼ばれるような問題のひとつの解決手段が、このパターンになると考えられる。すなわち、共有地の中で起こっている問題を解決するために、私有地の中での行為を妨害するというような手段である。学びの支援を対象行為として考えた場合、これは公共心の育成に適用可能である。

TableCross [6] は、研究室内に設置された共有コミュニケーションスペースの維持管理を、当該スペースの利用者に促すことを



図 2 TableCross のシステム構成

目的としたシステムである。図 2 上の写真は、筆者らの研究室の中に設置されている共有コミュニケーションスペースである。ここは誰でも随時自由に集い、様々な談話や議論を行う場として日常的に活発に利用されているが、利用後にゴミを片付けずに放置する者があとを絶たない。

この状況を解決するために、我々は TableCross を発案した。共有コミュニケーションスペースのテーブルに、テーブルクロスとして再帰性反射材の布を敷き、テーブル上方に赤外線光源と赤外線カメラを設置した。赤外線光源からの光は、テーブル上の再帰性反射材で反射され、赤外線カメラによって撮影される。このとき、テーブル上に物が置かれていると、その部分は赤外線が反射されず、撮影画像上では影となる。こうして得られたテーブル上の赤外線画像を二値化し(図 2 中央)、テーブルの卓面の総面積に対する影の占める割合を求め、これをテーブル上の乱雑度とする。たとえば得られた乱雑度が 70%であった場合(すなわち、テーブル上の 70%の面積が物で占拠されている場合)、当該スペースの各利用者が使用している個人用パーソナルコンピュータのデスクトップ画面面積の 70%を埋める量の「ゴミアイコン」を生成し、デスクトップ画面上にばらまく(図 2 下)。ゴミアイコンは、PC 上での操作で削除しても、共有スペースのテーブルが整理整頓されない限り、すぐに復活して画面上にばらまかれる。こうして、共有コミュニケーションスペースを汚すと、自分の個人スペースも汚されるようになることで、共有スペースの

維持管理意識を当該スペース利用者に喚起することを狙ったシステムである。

4.1.4 防衛型

防衛型は、誰かが他者になんらかの損害を与えている場合に、その損害を与える行為を妨害することで、損なわれている益を回復する支援形態である。妨害による支援の実現形態としては、もっともわかりやすいパターンである。学びの支援を対象とした場合、熟練者が何気なく素早く行ってしまふ一連の行為を初学者が「見習って」学び取るような場合に、このパターンが適用可能と考えられる。この場合、熟練者には悪意は無いが、熟練者が何をどう行っているのかを見て取ることが初学者には難しいため、結果として初学者の学びが阻害されている。そこで、なんらかの妨害を熟練者に与え、その一連の行為の実施速度を低下させたりすることによって、初学者がその行為を見習うことを容易にすることができるようになる。

4.2 妨害要素による語学学習の支援

以上で示した妨害による支援のパターン分類に基づき、本研究期間中に新たな支援システムをいくつか考案・実装した。本節では、そのうち特に学びの支援に関連する 2 つの事例を簡単に紹介する。いずれも、語学の学習支援を目的としたシステムに関する研究であり、防衛型を基本パターンとしている。

4.2.1 BiTak: 2 つの第二外国語の同時学習を支援するオンライン語学学習支援システム

近年の国際化の流れに伴い、日本にも多くの外国人が来訪し、長期滞在するようになっている。このような来日外国人の多くは、日本語を習得することを希望している。一方、日本人にも、これらの来日外国人の母国語(特に英語)を習得したいと考えている者は非常に多い。ゆえに、お互いに母国語を教え合うことができれば、双方にとってメリットが大きい。しかし、一般的に語学の学習は、1 つの言語を教師が生徒に教える一方向的なスタイルで実施されることがほとんどであり、双方向的に同時に教え合うことは行われていない。学習の効率化のためにも、双方向的に同時に教え合い、学び合えるような環境の実現が求められる。

BiTak は、このような 2 つの言語を同時に教え合い、学び合うことを可能とする、オンラインでの語学学習支援システムである[7]。BiTak のユーザインタフェース画面を図 3 に示す。図 3 の事例では、英語を母語としており、日本語を第 2 外国語として学びたい留学生 2 名と、日本語を母語としており、英語を第 2 外国語として学びたい日本人学生 2 名がこのシステムを利用して、それぞれに第 2 外国語を同時学習している様子を示している。本システムは、映像を伴う音声チャットシステムであり、基本的には遠隔会議システムと同様の機能を提供する。

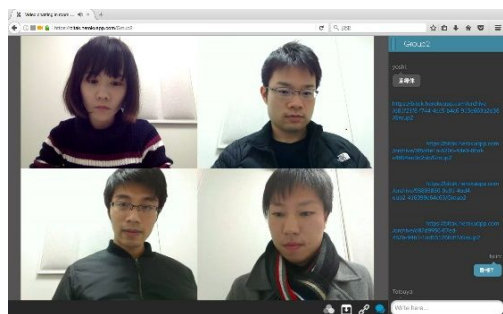


図3 BiTakのユーザインタフェース

BiTakの最大の特徴は、本システムが、トランシーバーのような半二重通信を採用している点である。通常の遠隔会議システムでは、全二重通信が採用されているため、対面状況での対話と同様、参加者は随時発話可能である。このため、発話のオーバーラップがしばしば生じる。母語話者同士の会話の場合、このような発話のオーバーラップはごく自然な現象であり、むしろその存在によってスムーズな会話の流れが形成される。しかし、自分の母語ではない言語を使って会話する場合、このような発話のオーバーラップが、相手の発話内容の理解を阻害したり、自分の発話を完了することができなくなったりするなど、語学学習に悪影響を及ぼす。そこでこのような、自然な対話における発話のオーバーラップを妨害することにより、第2外国語の習得を効率化するために、半二重通信を採用した。すなわち本システムでは、ある利用者が発言権を取得すると、他の参加者は一切発言できなくなる。発言権を取得している話者が自分の発言を最後まで完了したのち、発言権を解放する。解放された発言権は、別の誰かが取得することができるようになる。

BiTakを用いて、たとえば英語母語話者が日本語を話し、日本語母語話者が英語を話し、お互いに相手の誤りを修正しあうようにすることで、第2外国語の同時学習を効率的に実現できるようになることが期待される。ユーザスタディを実施した結果、BiTakを用いることによって、第2外国語を効率的に同時学習する可能性が示唆された。

4.2.2 DAFlingual：母語話者の発話速度を自然に低下させることによる語学学習支援システム

英語学習においては、英語の初学者が、英語を母語とする話者と会話する手段が多く採られている。英語母語話者が初学者に対する英語教育に熟練している場合、初学者の理解状況を推し量りながら発話速度を調整することにより、初学者の学習を手助けしている。しかし、英語母語話者が初学者に対する英語教育に熟練していない場合、初めのうちは発話速度を気にしていたとしても、話が盛り上がるにつれ、母語話者相手に話しているような速い速度で発話するようになってしまうことが多い。その結果、初学者は母語話者の発話内容を理解できなくなったり、発話

に割り込んで自分が発言する機会を得ることができなくなったりして、語学の学習効率が低下する結果となる。

DAFlingualは、このような問題を回避して、初学者の会話学習を支援するためのシステムである。DAF (Delayed Auditory Feedback) とは、話者の発話を100~200msec程度遅延させて話者自身にフィードバックする(聞かせる)ことを言う。これにより、話者が発話しにくくなり、言い淀みが発生したり、発話速度が低下したりする効果が得られることが知られている。DAFlingualシステムは、この効果を利用して、英語初学者が母語話者の発話速度に追いつけなくなったときに、母語話者にDAFという一種の妨害を与えることで、発話速度を低下させたり発話に間を生じさせたりすることを可能とするシステムである。本システムを用いたユーザスタディを実施した結果、DAFを与えることによって母語話者の発話のある程度制御できることが示され、語学学習に有効となる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

1. 西本一志, 魏建寧: 漢字形状記憶の損失を防ぐ漢字入力方式, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 4, pp. 1207-1216, 2016. (査読有)

[学会発表](計 16 件)

1. Bui Ba Hoang Anh, 西本一志: Dual-role Collaborative Learning in Simultaneous Second Language Acquisition, 情報処理学会インタラクティブ2018シンポジウム, 2018年3月5日~7日, 学術情報センター(東京都千代田区一ツ橋).
2. Bui Ba Hoang Anh, and Kazushi Nishimoto: A Half-duplex Dual-lingual Video Chat to Enhance Simultaneous Second Language Speaking Skill, Smart Education and e-Learning 2017, 2017年6月21日~23日, Quarteira (Portugal).
3. 北山史朗, 西本一志: 聴覚遅延フィードバックを用いた英会話学習支援手法の有効性の検証, 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクティブ研究会第172回研究会, 2017年3月6日~7日, 八洲学園大学(神奈川県横浜市).
4. Bui Ba Hoang Anh, 西本一志: A Study On Enhancing Simultaneous Second Language Speaking Skill: Strict Turn-Taking in A Half-duplex Dual-lingual Video Chat, 情報処理学会インタラクティブ2017シンポジウム, 2017年3月2日~4日, 明治大学中野キャンパス(東京都中野区).
5. 長谷部 礼, 西本一志: Funnel Chat: 創造的会議のためのアイデアの埋没を防ぐチャットシステムの提案, 情報処理学会インタラクティブ2017シンポジウム, 2017年

- 3月2日～4日, 明治大学中野キャンパス (東京都中野区).
6. 水田貴将, 田中直人, 塩津翠彩, 村瀬ゆり, 張海峰, 趙曉婷, 解爽, 西本一志: BanG-IM: 漢字健忘問題を解決する漢字入力システムにおけるゲーミフィケーションを応用した利用意欲向上化の試み, 情報処理学会インタラクショナル2017シンポジウム, 2017年3月2日～4日, 明治大学中野キャンパス (東京都中野区).
 7. Takuya Iwamoto and Kazushi Nishimoto: A Medium for Short-Distance Lovers That Exploits an Obstructive Function to Draw Them Back to Face-To-Face Communications, The 13th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems, 2016年8月30日～9月2日, ザ・ソウドウ東山京都 (京都府京都市).
 8. Bui Ba Hoang Anh, Kazushi Nishimoto: Strict Turn-Taking in A Half-duplex Dual-lingual Video Chat: An Unfriendly User Interaction But Useful In Enhancing Second Language Speaking, 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクショナル研究会第167回研究会, 2016年3月8日～9日, 早稲田大学早稲田キャンパス (東京都新宿区).
 9. Bui Ba Hoang Anh, 西本一志: BiTak: A Half-duplex Dual-lingual Video Chat to Improve Languages Proficiency both of Japanese and International Students, 情報処理学会インタラクショナル2016シンポジウム, 2016年3月2日～4日, 科学技術館 (東京都千代田区).
 10. 岩本拓也, 西本一志: スマホ利用に起因するデート中カップルの対面コミュニケーション希薄化問題を解消する妨害的行動伝達メディアの提案, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会, 2015年11月18日～20日, 函館アリーナ (北海道函館市).
 11. Kazushi Nishimoto and Aya Hasebe: BrainTranscending: A Hybrid Divergent Thinking Method that Exploits Blind Spots of Creators, The Tenth International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems, 2015年11月12日～14日, Phuket (Thailand).
 12. 長谷部 礼, 西本一志: 思考者の盲点を発見し活用する発散的思考技法, 情報処理学会グループウェアとネットワーク研究会第94回研究会, 2015年3月12日～13日, 駒澤大学駒沢キャンパス (東京都世田谷区).
 13. Kazushi Nishimoto, and Jianning Wei: G-IM: An Input Method of Chinese Characters for Character Amnesia Prevention, The Eighth International

Conference on Advances in Computer-Human Interactions, 2015年2月22日～27日, Lisbon (Portugal).

14. 西本一志: 妨害と支援, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演 2014, 2014年11月21日～23日, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市).
15. Kazushi Nishimoto, Akari Ikenoue and Masashi Unoki. iDAF-drum: Supporting Everyday Practice of Drum by Adding an Unperceivable Factor, The 9th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems, 2014年11月6日～8日, Limassol (Cyprus).
16. 西本一志, 横山裕基: 妨害による支援～あるいは「向上のための改悪」～, 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクショナル研究会第159回研究会, 2014年8月4日～5日, ホテル紅葉館 (岩手県花巻市)

〔図書〕(計 2 件)

1. 西本一志: 妨害による支援, 川上浩司 (編著)「不便益 - 手間をかけるシステムのデザイン - 」, 第9章, pp.145-165, 近代科学社, 2017.
2. Aya Hasebe and Kazushi Nishimoto: BrainTranscending: A Hybrid Divergent Thinking Method that Exploits Creator Blind Spots, in T. Theeramunkong, A. M. J. Skulimowski, T. Yuizono, and S. Kunifuji (eds.) "Recent Advances and Future Prospects in Knowledge, Information and Creativity Support Systems, AISC 685, Springer, pp.14-28, 2015.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

〔その他〕

「誤字形漢字を変換候補として出力する機能を有するかな漢字変換システム G-IM」のウェブ公開

<http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/knishi/1-information.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西本 一志 (NISHIMOTO KAZUSHI)

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授

研究者番号: 50313721

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者 なし