

様式 C - 19

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 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：32503

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22770246

研究課題名（和文）非漢字系孤立語の言語情報処理に関する視覚工学的研究

研究課題名（英文）The ergonomic study on the reading process of isolating language without Kanji characters.

研究代表者

鴻巣努（KOUNOSU TSUTOMU）

千葉工業大学・社会システム科学部・准教授

研究者番号：20316805

研究成果の概要（和文）：

本研究では眼球運動計測により、非漢字系孤立語の言語特性について考察した。タイ語読解においては、難易度の上昇により注視回数だけでなく、注視時間の増加が認められた。これは、日本語の傾向と異なっており、タイ語読解時では認知処理レベルが高くなる傾向が分かった。読解時の注視点分析より、タイ語には、日本語における漢字、英語におけるスペースなどの形態的に特徴を持った要素への注視は少なく、PSG(周辺探索誘導)が優位に機能している傾向は認められなかった。一方で、単語の末尾に存在するドーサコット(終末子音)に注視が集まる傾向が認められた。ドーサコットは、通常使われる子音と同じ形態で日本語や英語のように形態的特徴だけで通常子音かドーサコットかの区別ができない。視覚探索においては、CSG(認知探索誘導)を優位に働かせることが必要である。一注視あたりの情報受容量は日本語やドイツ語のデータと比べて 20～30bits 程度多く、これはタイ語の認知特性に起因していると推察される。

研究成果の概要（英文）：

In this study, it is examined the characteristics of an isolating language without Kanji characters by measuring eye movement. It is noticed that when people read Thai, both the number of fixations due to an increase in difficulty and the amount of fixation time increased. This is different from tendencies when reading Japanese. The high level of cognitive processing required in reading Thai was suggested as a reason for this difference. According to a fixation point analysis, there is no fixation on morphological elements. The tendency in which peripheral search guidance (PSG) is dominant has not been observed; however, the tendency of fixating on the final consonant of a word was observed. A final consonant has the same form as a commonly used consonant, making it impossible to distinguish between the two only through morphological characteristics in languages like Japanese and English. In addition, the cognitive search guidance (CSG) must dominate in a visual search. The information capacity per one fixation in Thai contains 20–30 bits more than that in Japanese and German. It is suggested that this is a cognitive characteristic.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2010 年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2011 年度 | 1,300,000 | 390,000 | 1,690,000 |
| 2012 年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,200,000 | 960,000 | 4,160,000 |

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：(B) 人間工学

1. 研究開始当初の背景

これまで、人間の情報受容量に関する研究は、眼球運動計測等数多くの実験が行われている。文字情報を対象とした多くの実験では、一注視あたりの情報受容量を文字ベースで議論している²⁾。しかし、文字種別や表記形式等は言語によって違いがあるため、こうした実験データでは同一尺度での比較が困難であった。そのため、本研究では Fukuda³⁾が定義した情報量(bits)による受容単位の算出方法を採用した。この方法は文字種別によらない、多様な視環境の比較を可能にしている。同様の尺度による研究例として、Fukuda⁴⁾の日本語とドイツ語の情報受容量の比較、井草⁵⁾による韓国語に関する検討などがある。また、鴻巣⁶⁾は応用事例として、ATM 利用時の視覚情報処理に関する研究において情報量に基づいた画面設計に関する提案を行っている。Fukuda³⁾による情報量の定義は各要素の出現確率をベースとしているため文字種別や表記形式にとらわれない比較が可能になるため、多言語の特徴を比較する場面でも有用である。

世界の言語は、言語類型論により、英語やドイツ語など多くの欧米諸語が含まれる屈折語、日本語や韓国語が含まれる膠着語、中国語やタイ語に代表される孤立語に分類される⁷⁾。視覚情報に着目した研究として、屈折語にはドイツ語を対象とした情報受容に関するもの⁴⁾、膠着語には日本語を対象とした、文章読解に関するものなどがある⁸⁾。孤立語には中国語を対象とした読みの特性に関するもの⁹⁾があるが、中国語は漢字を含んでおり、その視覚情報処理特性は漢字の影響が大きく、言語類型上は同じ分類であるが漢字を含まない非漢字系孤立語とは表記上の特性が大きく異なる。

東南アジアの多くで使用されている孤立語の多くは、表音文字をベースとしたものであるが、この分野の研究例は極めて少ない。そこで、本研究では表音文字の体系を持つ孤立語のうち、話者が最も多く経済圏が大きいタイ語を研究対象とした。タイ語は声調によって単語の意味が異なる声調言語であり、他言語に比べ音韻的情報が読解に与える影響が大きい。また、複雑な子音と数多くの母音によって構成されるという特徴を持った言語である。

静止画像を見るとき視線の動きは、注視(fixation)と跳躍(saccade)が交互に出現する¹⁰⁾。視対象は注視によって知覚・認知されるため、分析時は注視成分を抽出する。本研究では、移動速度と停留時間による注視点定義¹¹⁾により、注視成分を分離した。ここから、平均注視回数と平均注視時間を基礎データとして、情報量の算出を行った。また、読解

研究においては眼球運動の制御機構の観点から、注視点移動奇跡の分析が有効であると考えられる。眼球運動の制御機構には形態的な特徴を追う PSG (周辺探索誘導)と認知的な繋がりを追う CSG (認知探索誘導)がある¹²⁾。PSG は、CSG よりも先行して機能するとされ、周辺視で捕らえた場所へ中心視を移動させる眼球運動である。CSG は、文意から次に予想される事柄を視覚的に検証するために視点を導くものである¹⁰⁾。

2. 研究の目的

本研究により、非漢字系孤立語読解における情報受容量および、視覚探索誘導の特徴が明らかになる。情報受容量に基づいた情報受容単位の検討することで、これまでの主たる研究対象であった、日本語や欧米言語との比較が可能になる。また、非漢字系孤立語を母語とする東南アジア圏において、言語情報提示における基礎的枠組みが確立され、エラーメッセージ等の情報提示への応用が可能となる。また、注視点分析より PSG (周辺探索誘導)および CSG (認知探索誘導)の機能について考察し、読解におけるターゲットや区切り目となるマーカの存在を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 手続き

被験者は視距離 120cm で正面のモニタ上の文章を黙読することを求められた。実験では、一文字が垂直水平方向に、それぞれ視覚 0.33°、2.15° の 2 種類の刺激を提示した。被験者は刺激文が正面のモニタに提示されると同時に読解を開始し、読了までの眼球運動が計測された。測定機器は非接触型眼球運動装置 FreeView((株)竹井機器工業)を使用した。被験者は両眼視力が 0.7 以上で (コンタクトレンズの装着は可)、正常な視機能を有している、Thai-Nichi Institute of Technology の学生 32 名である。図 1 は実験環境を示したものである。



図 1 実験環境

Fig.1 experiment environment

(2) 刺激

実験刺激として出現語彙のレベル，文法構造の複雑さを考慮し，3種類の難易度の文章を用意した．低難易度文章は小学校3年生の教科書から翻訳した文章，中難易度文章は一般的知識で読解することのできる小説，高難易度文章は文章読解に専門的知識を有する学術論文をもとに作成した．

(3) 分析方法

データの取得は1秒あたり30フレームとした．注視点の分離閾値は5deg/sec以下とし，これより速い成分を跳躍性眼球運動とした．また，注視点の時間的定義については，通常は150ms以上が採用されることが多い．行動分析における眼球運動計測ではこれを注視点定義として採用することは適当であるが，より短い時間で処理が可能である文字情報を扱う本研究では，3フレーム(99ms)以上継続したものを一注視とした¹³⁾．本実験では，処理用PCのモニタ画面をDVDで記録し，被験者が閲覧したページ毎にフレーム解析を行った．また，定量的評価の指標として，上記の注視点定義に従って，注視時間および注視回数を求めた．注視時間は，刺激提示直後の注視点出現時から，読了を示す文末の固視点への注視点出現時までの経過時間である．注視回数においては，データ採集範囲にある注視点数を採集範囲内の文字数で除算し，平均注視回数として算出した．また，注視点分析においては，テキストを単語に区切り，区切られた単語を文頭，文中，文末に分け，注視点出現状況の分析を行った．

4. 研究成果

3-1. 眼球運動データ

(1) 情報受容量

情報受容量を算出する上で，タイ語が持つ情報量の算出が必要である．タイ語の構造は子音(42文字)と母音(18文字)，声調記号の組み合わせから表現される．子音・母音ともに単体では音や意味を持たず，それらが組み合わせることによって音が表現される．

そのため，本研究では一音節あたりの情報量を算出した．タイ語の組み合わせを基に算出した結果，タイ語の一音節あたりの情報量は5.9bitsであった．

図2は各難易度の情報受容量を示したものである．両側t検定において，中難易度文章と(96.0bits)と高難易度文章(46.3bits)の間に有意差があった($p<0.05$)．Fukudaは，日本語とドイツ語の読解に関して，一注視あたりの文字数に差はあるが，一文字あたりの情報受容量(ともに50bits前後)に差はないことを明らかにしている⁴⁾．本研究のデータはこれと矛盾しないが，情報受容量は20~30bits多い傾向があった．

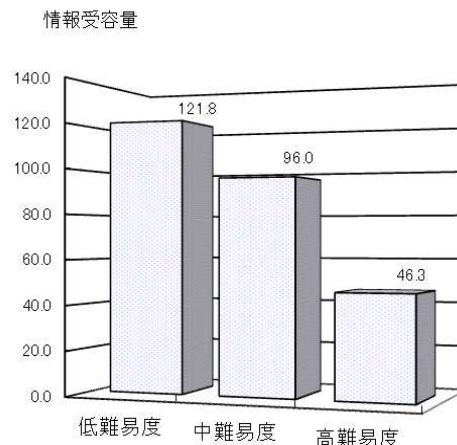


図2 各難易度の情報受容量

Fig.2 Average information capacity according to difficulty

(2) 注視回数・注視時間

図4~5は各難易度の平均注視回数，平均注視時間を示したものである．平均注視回数については，両側t検定において，低難易度文章と(4.9times/100syllable)と高難易度文章(13.5times/100syllable)の間に有意差があった($p<0.01$)．また，中難易度文章(6.7times/100syllable)と高難易度文章(13.5times/100syllable)の間に有意差があった($p<0.05$)．また，平均注視時間については，両側t検定において低難易度文章と(28.0ms/syllable)と中難易度文章(42.0ms/syllable)の間に有意差があった($p<0.01$)．

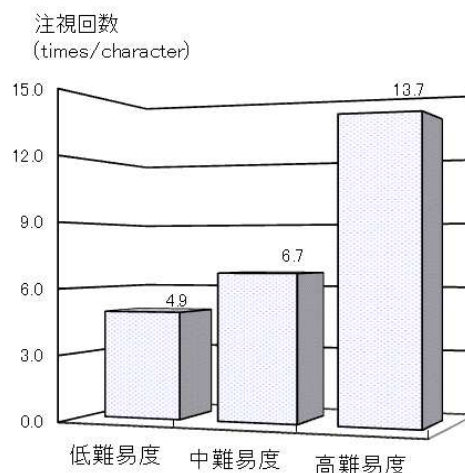


図3 各難易度の平均注視回数

Fig.3 Average fixation frequency according to difficulty

鴻巣では，日本語を対象とした実験において，難易度の違いが注視回数の増加を促すことを示している¹⁴⁾．図4は日本語文章読解時

の平均注視回数，平均注視時間を示したものである．日本語読解時には文章の難易度による読みの捕捉は主として注視回数の変化によって行われ，注視時間には影響がないことを示している．日本語は難易度が上がれば，漢字の出現頻度が増えるため，文字ベースでみれば一注視あたりに捉える文字数が減るため，注視回数を増やすことによって読解効率を高めていると考えられる．

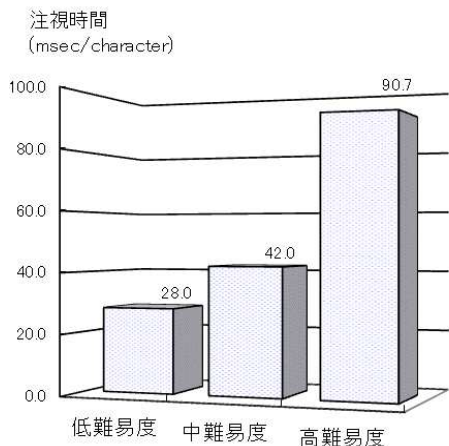


図4 各難易度の平均注視時間
Fig.4 Average fixation duration according to difficulty

タイ語においては難易度の上昇に伴い，注視回数の増加だけでなく注視時間の増加も認められた．注視時間の増加は，認知的活動が増したことによるものであり，タイ語においては難易度の変化により形態的情報を追跡するだけでなく，認知的情報の追跡にも影響があったことが分かる．

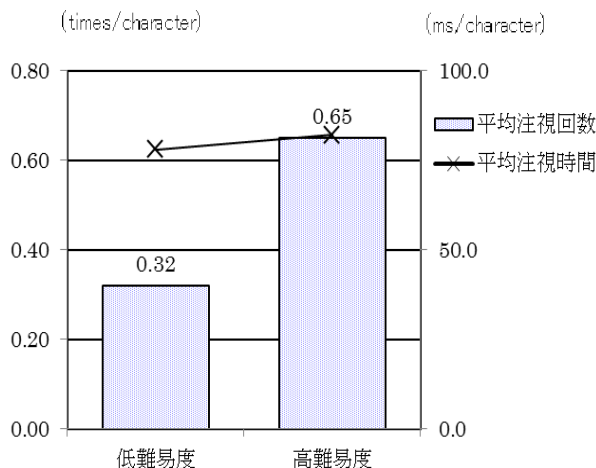


図5 平均注視回数・平均注視時間 (鴻巣, 1998)
Fig.5 Average fixation frequency and average fixation duration according to difficulty (Konosu, 1998)

(3) 注視点出現状況

図7は各難易度の注視点分布を示したものである．タイ語は子音と母音の組み合わせにより単語が構成される．また，複合語が多く，一つの単語が長くなる傾向がある．日本語では漢字や英語では，スペースなどの形態的特徴のある要素に注視が集まるため，単語の頭に注視が集まる傾向がある．タイ語においては，こうした形態的要素ではなく，単語の終末に注視が集まる傾向があった．

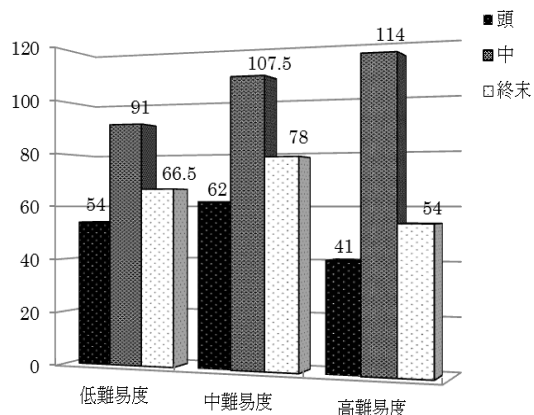


図6 各難易度の注視点出現状況 (文頭，文中，終末)
Fig.6 Distribution of viewing points according to difficulty

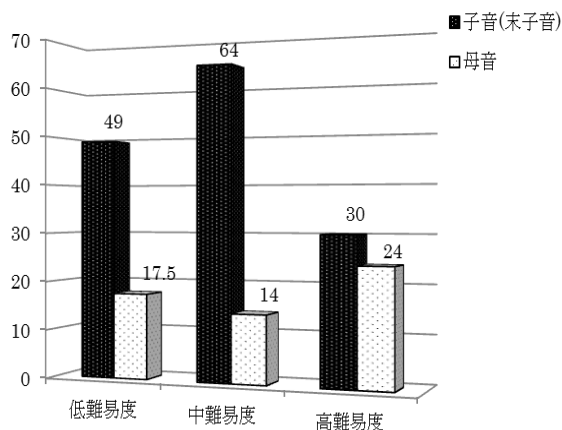


図7 各難易度の注視点出現状況 (子音，母音)
Fig.7 Distribution of viewing points according to difficulty

図7は各難易度の終末の注視点分布割合を示したものである．PSGの観点からはタイ語においても形態的に複雑な子音や声調記号に多くの注視点が出ることが予想されたが，本実験においてはそのような特徴は認められなかった．むしろ，単語の終末に多く

の注視点の出現が認められ、これは膠着語におけるスペースや日本語における漢字などへの注視とは全く異なっている。この要因として、タイ語に特徴的なドーサコットの存在が考えられる。タイ語の音節構造は主として、子音+母音、子音+母音+子音であり、後者における終末の子音がドーサコットと呼ばれる。ドーサコットになり得る子音は8種類があるが、形態的には通常用いられる子音と全く同じである。つまり、当該子音が通常の子音として機能するか、終末子音(ドーサコット)として機能するかは、形態的特徴からは判断することができない。当該子音が単語のなかでどう機能するかは、まず文字を単語レベルで認知する必要があり、これを行わない限り当該子音をどう発音するかも決まらないため、終末に注視が集まる傾向が認められたと考えられる。

日本語においては、一般的に仮名よりも漢字が形態的に複雑であることから、これがPSG(周辺探索誘導)のトリガーとなり、さらに表意文字であることにより認知的処理を容易にし、CSG(認知探索誘導)を促す。英語においては、分かち書きにより単語の独立性が得られており、空白をベースに読み進めてゆくことでPSGからCSGへの連携がとれる。これに対してタイ語では、形態的複雑さを持った要素は認知処理に与える影響が低く、意味を含めた単語としての処理が行われられない限り、形態的要素だけで読みの効率を上げることができない。この認知処理を促進する、すなわち単語の区切り目のトリガーとなるのがドーサコットであり、当該語をきっかけに読解を進めることが認知処理の効率を上げていると推察できる。しかし、ドーサコットの判別は単に形態的要素からでは不可能であり、並行的に認知処理を実行しなければならない点がタイ語読解の特徴であると言える。一注視あたりの情報受容量が日本語やドイツ語のデータと比べてやや多いことを指摘したが、タイ語のこうした認知特性に起因していると推察される。

タイ語は一般的に他言語に比べ初学者には読み書きの獲得が難しい言語とされているが、これは初学者のみならず、タイ語母語者においても認知レベルが高くないと文意や単語の意味だけではなく、表記や発音の誤りが生じることがある。例えば、「運送」の意味を有する「กมมาคอม」という単語がある。正しい発音は「ka-ma-na-kom(カー・マ・ナー・コム)」であるが、当該語が理解できないと、「kom-ma-na-kom(コム・マ・ナー・コム)」と発音してしまうことがある。この単語には母音の表記が無く、自らが母音を補って発音しなくてはならない。タイ語では母語の表記上の欠落がよく発生するが、通常ルールで母音を補うと前者の発音になり誤りとなる。

そのため、当該語を正しく認知しなくては、正しく発音することができない。また、会話に問題がなくとも文の読解には個人差が大きく、識字率は高いものの書籍への依存度は低いと考えられている。一般的にこの原因として、サンスクリット語やパーリ語起源語の綴りの困難さや、音と綴りの不一致語の多さ、黙字の多さ等が指摘される。これらの原因に加え、本研究で明らかになった特徴的な読解特性、すなわち単語の綴りと発音を正確に習得していない限り認知処理の効率が悪くなることが関与していると考えられる。そのため、タイ語読解においては音声、表記、意味を同時に習熟する必要があることが理解できる。表音文字のなかでもタイ語は、非常に音声のバリエーションが多く存在し、初等教育ではディクテーションが多用される。したがって、タイ語読解の場合、単に形態的情報や音韻的情報を追うだけでは、文意を取ることができず、ある程度、単語をそれとして認知しなくてはならない。そのため、文章の難易度が上げれば、単語を認知する時間を有するため、注視回数の増加だけではなく、注視時間の増加があった。情報受容量においても、単語の終末まで読解をする必要があり、タイ語においてはPSGを促す要素が少ないため、相対的に一注視あたりの情報受容量が多くなったと考えられる。

ここから、タイ語によるインタフェース設計を考える場合には、より語の選択が重要であることがわかる。日本語や英語でもwebインタフェース等で、同じ意味の単語でもより処理の早い語を選択する試みが行われているが、タイ語においてはより認知度が高く誤解を生じにくい語の選択が重要であり、今後詳細な検討が必要である。また、エラーメッセージ等の短時間で共通の理解が必要な語については業界での標準化が望まれる。これらの点については、今後日系企業の協力を得て、検討を進めてゆく予定である。

参考文献

- 1) 坂巻 隆治, 染矢 聡, 岡本孝司: Webデザインに対する印象と記憶される情報量との関係性分析, デザイン学研究, 55, 6, 59~66, 2009.
- 2) 神部尚武: 読みの眼球運動における一つの停留中の情報の受容範囲, 96, 59~80, 国立国語研究所報告, 1989.
- 3) Fukuda, T: Visual capability to receive character information. Part I. How many characters can we recognize at a glance?, Ergonomics, Vol. 35, No. 5/6, 617~627, 1992.
- 4) Fukuda, R: Comparison of human visual information capacity in reading Japanese, German, and English, Perceptual and Motor Skills, No. 108, pp.281-296, 2009.
- 5) 井草 真喜子, 福田 忠彦: 韓国語文章の「読み」に関する研究, 人間工学, 30 (特別号), 462~463, 1994.

- 6) 鴻巣 努, 福田 忠彦: 利用者の視線の分析による ATM のディスプレイの情報提示方法に関する研究に関する研究, 人間工学, 30, 6, 415 ~ 421, 1994.
- 7) Leonard Bloomfield: Linguistic aspects of science, Chicago, Ill., The University of Chicago press, 1939.
- 8) 鈴木 美加: 初級後半の学習者は文章をどう読むのか - アイカメラによる文章読解中の眼球運動の記録 -, 留学生日本語教育センター論集, 24, 65 ~ 84, 1998.
- 9) 佐藤 慎一郎, 鴻巣 努, 重松 淳, 福田 忠彦: 中国人と日本人の読みの比較 ~ 停留点選択方法から考える ~, 人間工学, 34 (特別号), 500 ~ 501, 1998.
- 10) 齋田 真也: 読みと眼球運動, 芋坂良二他, 眼球運動の実験心理学, 167 ~ 197, 名古屋大学出版会, 1993.
- 11) 福田 亮子, 佐久間 美能留, 中村 悦夫, 福田 忠彦: 注視点の定義に関する実験的検討, 人間工学, 32, 4, 197 ~ 204, 1996.
- 12) Hochberg, J: Components of literacy, Speculations and exploratory research, H. Levin & J. P. Williams (Eds.), Basic studies on reading, New York Basic Books, 74 ~ 89, 1970.
- 13) 鴻巣 努, 神保 有紀, 重松 淳, 福田 忠彦: 日本語読解における形態的・音韻的情報処理に関する人間工学的考察, 人間工学, 34, 239 ~ 246, 1998.
- 14) 鴻巣 努: 生体反応計測による視環境評価と言語情報処理への応用に関する研究, 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士論文, 67 ~ 70, 1998.

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)

[学会発表](計4件)

- (1) A Study on the Prototype of Focusing on the Operability for Requirement Acquisition, Yusuke Emori, Yusuke Kishiyama, Tsutomu Konosu, Posters, Part I, HCII 2013, CCIS 373, pp. 27-30, 2013.
- (2) Ergonomic study on the information capacity of isolating language without Kanji characters, Makoto Ikeda, Tsutomu Konosu, 4th International Conference on Applied Human factors and Ergonomics, CHAPTER 666, 2012.
- (3) プロトタイプの操作性忠実度が要求獲得に与える影響に関する研究, 小柳秀仁, 岸山 優輔, 鴻巣努, 日本経営工学会, E03, 2012.
- (4) Development of Learning Achievement Index for Project Human Resource Management, Yusuke Emori, Takuya Furusawa, and Tsutomu Konosu, 14th International Conference on Human-Computer Interaction, 2011.

6. 研究組織

(1)研究代表者

鴻巣努 (KOUNOSU TSUTOMU)

千葉工業大学・社会システム科学部・准教授
研究者番号: 20316805