

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 23 日現在

機関番号：42686

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25590293

研究課題名(和文) 視覚障害者自らが化学構造式を理解するために必要なソフトウェアの開発に関する研究

研究課題名(英文) The Study of the development of software to make Visual Disabilities understand Compound Names.

研究代表者

上條 治夫 (KAMIJO, Haruo)

日本大学短期大学部・その他部局等・准教授

研究者番号：50123170

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：従来、視覚障害者が化学構造式を認識するためには、様々な触読法が用いられていた。しかし、化合物名を声を出して読みあげることが効果的であるかどうかは知られていない。本研究は化合物画像の抽出並びに化合物名を声を出して読みあげるシステムのプロトタイプ構築をめざして、本システムは視覚障害者が国際純正・応用化学連合命名法に従う名前を聞いた後に、描かれた化学構造の認識を可能にする。本システムを用いた450枚の化学構造式画像の実験の結果、90%の高い認識率が得られた。かくして筆者らは、化合物名を声を出して読み上げるシステムが、視覚障害者にとって化学構造の認識を可能にする効果的な方法であるとの結果を得た。

研究成果の概要(英文)：Various tactile methods have been employed to enhance the recognition ability of chemical structures by visual disabilities. However, it is unknown whether reading aloud the names of chemical compounds would be effective in this regard. This study aims to establish the essential requirements for the prototype Chemical Literature Extraction and Aloud-reading System that enables visual disabilities to recognize a depicted chemical structure after hearing its name, which complies with the nomenclature adopted by IUPAC. Details of our methods and its execution are presented, in addition to the fundamental requirements for recognizing chemical structures using our system. Experimental results on 450 images comprising both simple and complex chemical structures, show a high recognition rate of 90%. Thus, we conclude that reading aloud the names of chemical compounds is an effective method enabling students with impaired vision to recognize chemical structures.

研究分野：社会科学

 キーワード：視覚障害者 支援技術 入門化学 化学における初心者 化学構造式認識 化合物命名 コンピュータ
 を利用する学習 ケモインフォマティクス

1. 研究開始当初の背景

教育をバリアフリーの観点から見直すと共に、バリアフリーを教育研究の領域において推進する試みが着目されている。バリアフリーは生徒・学生や教師、教育行政に携わる者をはじめ、一般社会人が本来学習して身につけておくべき基礎的知識であり市民的教養である。

教育的観点からみた場合、分子の構造や性質を理解することは、化学や生命科学などの、分子を取り扱う幅広い自然科学分野において基本的かつ不可欠な要素であり、理科教育のスタート地点の1つである。この段階で分子に対する学習者の知的好奇心を引き出し、理解を促すことは重要であり、進路の方向を決める大きな要因となりうる。このためには、学習者が興味をもって分子やそれに関連する学習に取り組み、かつ理解を深めることができる教材が望まれる。分子やその化学反応といった目に見えない対象や概念を理解し考察する化学分野においては、化学構造式のような視覚的な表現や分子模型、分子軌道図などのモデルは必須であり、思考や情報伝達のための不可欠な手段として用いられている。これらを目的に応じてコンピュータで可視化するグラフィックシステムも種々開発され、研究や教育の現場で利用されている。化学あるいは生命科学現象を聴覚を利用してとらえたり、対象に触れて体験することは、視覚障害学生の興味を引き出し、思考のきっかけをつくるために有効であると考えられ、そうした学生のために触覚や聴覚を利用した様々な装置が工夫されている。しかし画像情報にアクセスしにくい視覚障害者にとって、このような化学や生命科学に関わる情報の入手が必要であるにも関わらず、画像情報の獲得に関する分野での手法についてはほとんど検討されていない。

近年、コンピュータ技術の発達に伴い、OCR(Optical Character Recognition、光学文字認識)による文字認識法についての研究が盛んになってきた。OCR法は文字には有効だが、文字以外は扱えないので、視覚障害者のための支援技術として、文字以外の画像を含んだ情報の認識法の構築が必要である。視覚に障害を持つ人々が情報端末を利用する時には、画面の文字情報を音声で読み上げることができるソフトウェアや、点字ディスプレイなどを用いることで、文字情報には容易にアクセスできる。たとえば、紙に書かれた文字を独力で読むことは難しいが、紙をスキャンしOCRを行うことで、そこに書かれた文字を読み取ることができる。さらに、この音声読み上げや点字出力を使用しながら、自分で漢字を含んだ文書が作成でき、晴眼者(視覚に障害のない人々)との間での情報の共有が可能となっている。インターネット上に存在する多くの情報へのアクセスも、このようなソフトウェアや機器を利用することで可能である。このようにして視覚障害者は自

ら多くの情報へのアクセスが可能となったが、これらはすべて「文字情報」に限る。インターネットなどを介して送受信されるのは文字情報だけでなく図形やグラフなどの画像情報も含まれ、その重要性はますます高まっている。文字だけでは表現が難しい情報や、理解の補助などを目的として頻繁に画像、つまり画像情報が使用されていて、情報伝達手段として、画像情報が重要な役割を持っている。しかし、これらの画像情報に対して、視覚障害者自らがアクセスすることは容易ではない。内容理解のためには画像情報のアクセスも重要であり、視覚障害を持つ人々へも何らかの方法でこれらの問題を改善する必要がある。

2. 研究の目的

視覚を通して、人々は光覚、文字、図、周囲の様子、表情を知り、環境内での自己の位置を知り(定位)、移動できる。しかし、視覚を失った障害者は、情報の獲得、定位・移動が思うようにならない。そこで、古くから視覚代行・補助の研究がなされている。

それらは、大きく文字・図のアクセスと、定位・移動に分類できる。そして支援の方式としては、以下のように分類される。

1. ボランティアによる補助
2. 盲導犬などの動物の利用
3. 機器とボランティアの組合せ
4. 環境内に何らかの機器を設置する方式
5. 設置せず使用者が携帯する機器のみによる方式

これらの方式はそれぞれ長所・短所がある。ボランティアによる補助は、信頼性と汎用性で優れているが、自立を望む障害者の心の負担になる。動物は、ボランティアに比べ自立の点で優れるが、信頼性と汎用性の点で劣り、また、生き物の不可避の問題としての世話と死がある。一方、機器のみでの代行は、汎用性と信頼性の問題があり、複雑な機器の点検・修理のためのサービス体制が必要だが、自動車の修理工場のような体制は経済性の点から実現できない。また、環境への機器設置は確実であるが、設置費用・設置場所の選定・環境の変化への対応、という問題がある。このように、唯一絶対の方式があるわけではなく、異なる方式での支援が、調和した形で発展することで、障害のレベル、ハンディキャップの程度が異なる視覚障害者の日常生活、社会活動を真の意味で支援できると言える。

申請者らは上記5の方式で、視覚障害者が教科書や研究論文、特許情報などに記載されている化学構造式情報を獲得できるよう支援するシステムを研究・開発する。

具体的な事例として、化学や生命科学についての学習の初級段階における視覚障害学生のための高等教育を考える上で、教育機関の現場対応とはまた別の次元の問題もいくつか存在する。その1つは専門書などの高等教

育用教材を、視覚障害学生が利用可能な形に変換する方法がまだ充分ではない点である。一般に視覚障害学生が利用できるのは、文字、触図または音声による教材である。数式の読み上げには既に顕著な報告があるが、化学式においては、点字を用いる「理科記号表記」があり、墨字（点字に対して、普通に書かれた文字や印刷された文字）に対応していて、元素記号などは表現できるものの、化学構造式のような画像情報に対しては点字だけでは対応できず、触図が用いられた。しかし触図で提示することは容易に可能だが、提示された触図の理解には例えば、触図に点字を張り込むなどの補助が必要であった。

一般に中途視覚障害者は対面朗読やスクリーンリーダによる読み上げなど、聴覚を利用した情報獲得法を用い、読み上げ音声を聴いている過程で必要に応じて補助具などを使いながら図表の説明を受けることが有効であり、聴覚から情報を獲得し、次いで関連する触覚情報を入手することはより効果的な情報獲得手段であると言える。また点字使用者でも点字と音声を併用している場合が多く、視覚障害者の中で点字使用者の割合は10%程度との統計もあり、もし音声教材が容易に整備できるならば、前述の化学構造式理解の問題点もかなり改善できると考える。視覚障害者自らが化学構造式を描画すること、および、印刷物やコンピュータの画面に出力された化学構造式情報を獲得することは、視覚障害者の独力での化学構造式の「読み書き」を可能ならしめることであり、視覚障害者の学習環境や就労環境に顕著な効果をもたらすと考える。

3. 研究の方法

(1) 構築したシステムの概要

本システムは、視覚障害を持つ高等教育における化学教育の受講者あるいは化学情報に興味を持つ人々を対象にしている。墨字（点字に対して、普通に書かれた文字や印刷された文字）と化学構造式を含む文章の一括読み上げを想定している。墨字と化学構造式が共存する文章を取り込み、墨字領域と化学構造式領域を識別し、それぞれを読み上げ可能なデータに変換した後に再結合した上で文章全体を読み上げるという一連の動作を行うことによって、使用者の化学情報獲得を補助する目的で使用される。

本システムは、墨字と化学構造式が混在する文章と、それを取り込んで読み上げるためのソフトウェアからなる。使用者は、墨字と化学構造式が混在する文章画像データをソフトウェアに入力し、ソフトウェアが、入力された画像を処理し、読み上げ音声として出力する。

まず、入力された画像から化学構造式領域と墨字領域を抽出する。

抽出された化学構造式領域は Chem Axon 社の marvinbeans を用いて name ファイルに変換し

て化合物名を得る。抽出された墨字領域は Microsoft 社の Microsoft Office Document Imaging (MODI) で認識する。墨字領域の OCR 結果および化学構造式領域の name ファイルはそれぞれスクリーンリーダに渡して結合し、音声化して使用者に伝達する。尚、構築したソフトウェアは上述の一連の操作におけるインターフェイスの役割を果たし、スクリーンリーダによって操作が可能である。本システムではスクリーンリーダとして、(株)高知システム開発の PC-Talker7 Version3.10 を用いた。

(2) 実験方法

実験で用いた画像

本実験では、構造式の「複雑さ」の点で異なっていた2グループの化学構造式画像を用いた。前者は化学論文や特許などに掲載されていたために複雑な構造であり (CLiDE 者がインターネット上に公開している 399 枚)、後者は高校化学で学習する構造式のため比較的単純な構造 (実況出版版の高校化学の教科書に掲載されている 51 枚) であった。入手した化学構造式画像の中には、化学構造式以外のイラストなどが混入していたり、鮮明な画像ではないものもあったことから、化学構造式エディタ「Chem Draw」で成形した。本実験では、文字と化学構造式の分離のみを目的としたため、文字・化学構造式以外の情報は扱わないものとした。

画像の抽出方法

前処理として、入力画像に対して2値化処理を行い、ノイズ除去を行った後、化学構造式が存在する領域と文章が存在する領域に分割する。

一つ目の密度の計算方法は、各行における対象ピクセル数を基に「密度が高い、または、低い」を決定する。「密度が高い」行は、文章が行全体に位置していると考え、文章が存在する行と認識し、逆に、「密度が低い」行は、その行全体で対象ピクセルが少ないと考え、化学構造式が存在する行と認識する。従って、認識しようとするピクセルの密度を用いれば、文字および化学構造式エリアが取り出される。

ここでは2通りの密度を用いて測定した。一つめは行方向の密度を用いた。これは文字と化学構造式の水平方向の密度を測定していて、この方法では垂直のエリアが考慮されないため、一定のイメージにおいて、文字および化学構造式のうちのいくつかは誤解される可能性がある。2番目の密度は、与えられた「エリア」と定義されて、文字および化学構造式領域は、認識しようとするピクセルの垂直の継続的なラインを結合することによって識別される。従って、これらの密度は「エリア」のサイズあたりの認識しようとするピクセルの数と定義されて、抽出は2つの密度を使って行われる。

行方向のピクセル数のヒストグラム中で認識すべきピクセルを含まない行を除去した後、文字部分と構造式部分を文字あるいは構造式を含む行方向から抽出する。なお、化学構造式が存在する行においてピクセル数が多い行が存在する場合や、文章が存在する行にピクセル数が少ない行が存在する場合があり、これらの場合は誤認識する可能性があるため、除去する必要がある。

2番目の密度はエリアのサイズにより分割されたオブジェクトピクセルの数として求められる。このヒストグラムからピクセルが存在しない行を除去した後、化学構造式領域と文字領域は化学構造式データおよび文字領域だけを含んでいる行に基づいて2値化を使って取り出される。

抽出した画像による実験方法

上述の に従って前処理した450枚を、構築したソフトウェアを用い、文字領域と化学構造式領域に分離できた割合を調べた。ここでの「分離できた」とは、正しい構造式名を与えたか否かは考慮せず、name ファイルを与えたかどうかについて調べた。実験の結果、450枚中405枚(90.0%)の実験画像が分離に成功した。個別にみると、CLiDE 画像では399枚中356枚(89.2%)教科書画像では51枚中49枚の画像(96.1%)が分離に成功した。次に異なったフォントでの認識を想定して、CLiDE 画像では ChemDraw のフォント(Century)をそのまま採用し、教科書画像では、Windows 標準のフォント(Arial)を採用して化学構造式を作成した。それぞれのフォント環境で、分離後の化学構造式が正しい構造式名を返すかを検討した。なお、基の実験画像の化学構造式単体画像を Molconvert に渡して得られた構造式名の文字列が、分離後の化学構造式画像を Molconvert に渡して得られた構造式名の文字列と完全に一致した場合に、構造式名の認識に成功したと定義した。同じフォントを用いた画像での実験では、CLiDE 画像で分離に成功した356枚の画像のうち、化合物名の認識に成功した画像は172枚(48.31%)であった。一方、異なるフォントを持った画像を用いた実験では、教科書画像で分離に成功した49枚の画像のうち、29枚(59.18%)の画像が化合物名認識に成功した。

プロトタイプシステムの有用実験

構築したソフトウェアを3名の視覚障害者(30代、40代、60代、うち2名が共同研究者)に使用してもらい、自由に意見を求めた。即座に化合物名が認識できることや、触図に依存せず聴覚のみで情報を獲得できる手軽さなどが評価された一方、音声エンジンへの問題、特に聞き取りに関する問題や、構造式の持つ視覚的情報も得たいという要望があった。今回意見を求めた視覚障害者は、いずれも音声読み上げを常用しており、また2名は触図

の経験も豊富であった。そのため、聞き取りに関するものや触図の利用が挙げられたが、教育現場での対応、すなわち中学・高校段階の視覚障害学生は、上記2名とは違い、音声読み上げや触図の経験が少ないことも想定できる。今回の3名からも、化合物名の読み上げについては、聞き取りは可能であると全員が述べていることから、音声などの問題は残るものの、本研究の目指す「化学構造式の音声読み上げ」という点において、その有効性を確認できたと考えている。

4. 研究成果

視覚障害者を対象とする化学構造式の描画及び認識法において、申請者らは触覚に依存せず、聴覚だけに依存するシステムを構築した。

本システムは化学構造と文字が混在する出版物や論文などの印刷物の読み取りが最終目標であり、そうした資料は文字と化学構造式以外の図表を含んでいて、現状の光学的文字認識技術では図表の多くが読みとり結果において「文字化け」を避けることができない。このことから、本システムの構築ではあらかじめ用意した資料を用いてシステムを試作するのやむなきには至ったものの、本システムでは従来全く不可能だった視覚障害者の独力で化学構造式名の読み上げが可能となった。

本システムは視覚障害者自らによる描画法と認識法という双方向の情報伝達を含んでいて、このシステムが稼働できたことから視覚障害者と晴眼者間で化学情報が共有でき、これらの結果は視覚障害者の学習環境や就労環境を改善する効果が期待できる。また、理科として総括される科目の中では、物理に比べ、化学や生物は画像の利用が多い。このことは画像にアクセスしにくい視覚障害者にとって、そうした科目の学習に対する障壁となっている。特に化学教育において、化学構造式は学習の根幹をなす重要な分野の1つであり、その理解が必須である。

申請者らが進めている手法はまず、聴覚で化学構造式の存在を見いだすという点を主たる目的としているので、聴覚情報だけで描かれている化学構造を理解するためには、化合物名についての基本的な知識が必要であるとと考えていて、現状では点図や立体コピーなどの触察情報の活用も、聴覚情報を補う重要な手法であろう。今後、教科書のデジタル化が進む過程で、こうした画像情報を含む教科書の学習において、視覚障害者の画像情報獲得のニーズが高まると考えられ、申請者らが進めているシステムがそうしたニーズへの一助となると考える。

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)

上條 治夫、視覚障害者による化学構造式認識法の検討、化学と教育、64 巻 6 号 (2016 年) pp 272-275、査読あり、DOI なし

Haruo Kamijo, Shingo Morii, Wataru Yamaguchi, Naoki Toyooka, Masahito Tada-Umezaki, and Shigeki Hirobayashi, Creating an Adaptive Technology Using a Cheminformatics System To Read Aloud Chemical Compound Names for People with Visual Disabilities., Journal Chemical Education、査読有、2016,93(3),pp496-503, DOI:10.1021/acs.jchemed.5b00217, <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.5b00217>

〔学会発表〕(計 2 件)

上條 治夫・赤澤 寛行・平野 真央・深津 誠・小泉 公志郎・豊岡 尚樹・梅寄(多田) 雅人・守井 清吾・廣林 茂樹、ケモインフォマティクス法を用いる視覚障害者支援テクノロジーのための化合物名の読み上げ手法、第 58 回日本大学工学部学術講演会、平成 26 年 12 月 6 日、日本大学工学部(東京都、千代田区)

上條 治夫・平野 真央・深津 誠・小泉 公志郎・豊岡 尚樹・津田 正明・守井 清吾・廣林 茂樹、情報化学的手法を用いる視覚障害者支援テクノロジーのための化学構造式読み上げ法、第 57 回日本大学工学部学術講演会、平成 25 年 12 月 7 日、日本大学工学部(東京都、千代田区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上條 治夫 (KAMIJO, Haruo)
日本大学・短期大学部・准教授
研究者番号：5 0 1 2 3 1 7 0

(2) 研究分担者

廣林 茂樹 (HIROBAYASHI, Shigeki)
富山大学・大学院理工学研究部(工学)・教授
研究者番号：40272950