

氏 名 かみじょう はるお  
上條 治夫

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 富生命博甲第84号

学位授与年月日 平成28年3月23日

専攻名 先端ナノ・バイオ科学専攻

学位授与の要件 富山大学学位規則第3条第3項該当

学位論文題目 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に関する研究

論文審査委員  
(主査) 教授 豊岡 尚樹  
教授 廣林 茂樹  
教授 阿部 肇

## 論文内容の要旨

論文題目 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に関する研究

富山大学大学院生命融合科学教育部先端ナノ・バイオ科学専攻  
教育分野 薬品製造学  
学籍番号 31281201 氏名 上條治夫

1. 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るが、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、そのような手法についてはほとんど検討されていない。
2. 本研究は視覚障害者自らによる構造式描画(以下描画法と呼ぶ)を一方の主目的とし、パソコンの出力画面やスキャンされた画像から化学構造式を抽出し、抽出された化学構造式から化合物名を検索し、検索して得られた化合物名と構造式以外の文字を読み上げるシステム(以下認識法と呼ぶ)を他方の主目的としている。描画法として XyMTeX 法を用いて初級の化学教育で必要な化合物の描画を行った。視覚障害者は GUI に依存するシステムを用いる描画法には対応できない。LaTeX/XyMTeX 法はソースをテキスト(文字)として取り扱うので、視覚障害者にとって利便性が高い化学構造式描画法である。XyMTeX 法は TeX/LaTeX のマクロの一つとして化学構造式を描画できる。筆者は自らが視覚障害者であり、出力結果の確認法として触図や点字ディスプレイなどの支援機器を用いたものの、化学構造式はすべて、XyMTeX 法を用いて描画した。認識法では抽出した画像を横方向密度と面密度の 2 値法により文字部分と化学構造式部分に分離するという新たな構造式抽出システムを構築した。文字領域は Microsoft 社の OCR ライブラリに伝達して音声読み上げを行い、化学構造式は、ChemAxon 社の marvinbeans というライブラリに伝達し、その出力としての化学構造式名を音声読み上げに渡すためのシステムを開発した。

3. これらの結果、試作したシステムを用いれば、文字と化学構造式が混在したイメージファイルを化合物名 (IUPAC 法に準拠) を読みながら文字も一括して読み下すことができるようになった。具体例として、CLiDE 社が提供する化学構造式画像および高校教科書中の化学構造式画像を用いて本システムを試行したところ、構造式抽出においては約 90% 成功し、化合物読み上げにおいては約 50% の正解率が得られた。構造式抽出では線密度と綿密度を基準としていることから、複数の環が相互に結合しているような構造を持つような化合物では、密度の急激な変化が起きていて、正しい抽出結果が得られない例があり、また化合物読み上げにおいては C と O や、H と N のような組み合わせで元素記号の誤読が生じていて、そのために正しい化合物名を与えていない例があった。しかしこれらの問題点は認識アルゴリズムの検討で対応できると考える。また本研究で構築したシステムについて、3 名の視覚障害者に使用感を求めたところ、音声も聞きやすく、触図で確認するより格段に早く化学構造式名にアクセスできることを挙げた。なお、本システムは検討過程ではあるが、希望する視覚障害者に配布することも検討している。

4. 本研究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、現状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至ったものの、本研究で試作したシステムでは従来全く不可能だった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。

## 【論文審査の結果の要旨】

申請者、上條治夫氏は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に関する研究をまとめた。

化学あるいは生命科学の分野において、分子の構造や性質を理解することが必須である。そのためには、化学構造式に慣れ親しむ必要があり、晴眼者にとってこのことは、各種グラフィックシステムを利用し容易に達成可能である。一方、視覚障害者が化学構造式に慣れ親しむ手法として、聴覚を利用してとらえたり、対象に触れて体験することが試みられており、一定の成果が得られている。しかし、これら手法はあくまで興味を引き出し、そして思考のきっかけをつくる際には有効であるものの、さらに深く化学、生命科学現象に関わる情報を入手することは困難である。

氏は、自身が視覚障害者であり、化学の教鞭をとっている体験を生かし、視覚障害者自らによる化学構造式描画の画期的な方法を開発した。すなわち、ソースをテキストとして扱う XyMTeX 法は、視覚障害者にとって利便性が高いことに着目し、本法を用いて初級の化学教育に必要な化合物の化学構造式描画法を開拓した。描画した構造式認識法として、抽出画像を横方向密度と面密度の2値法により文字部分と構造式部分に分離するという新しい構造式抽出システムを構築した。さらに、抽出した化学構造式を ChemAxon 社の marvinbeans というライブラリに伝達し、その出力として化学構造式名を音声読み上げに渡すシステムを開発した。本システムを用いれば、文字と化学構造式が混在したイメージファイルを化合物名 (IUPAC 法に準拠) を読みながら文字も一括して読み下すことが可能となり、視覚障害者が化学あるいは生命科学を学修する環境を飛躍的に進歩させた。具体例として、高校化学教科書中の化学構造式画像を本システムにて試行したところ、構造式抽出において90%成功し、化合物読み上げにおいて約50%の正解率が得られた。構造式抽出については、アルゴリズムの検討によって、改善可能であることも示した。

以上の結果は、従来全く不可能であった化学構造式名の読み上げを可能とした画期的な成果である。また、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包含し、視覚障害者と晴眼者間での化学情報の共有をも可能とした。本システムはまだ改善の余地はあるものの、視覚障害者が化学あるいは生命科学をより深く学ぶための学修環境改善に大いに資するものである。

これらの成果は、アメリカ化学会発行の学術誌、Journal of Chemical Education に採択され、生命融合科学教育部博士学位論文として十分な内容を含むものと判断できる。