

総合視聴覚システムの構築と教育への有効利用(8)

— パソコンアニメーションによる有機化学反応機構の学習 —

笹 村 泰 昭*・山 口 和 美**・Brian T. NEWBOLD ***

A Construction of Integrated Audio-Visual System and its effective Use for Education (8)

— The Dynamic Representation of Organic Chemical Reactions by a Personal Computer —

Yasuaki SASAMURA, Kazumi YAMAGUCHI and Brian T. NEWBOLD

要 旨

有機化学の反応機構を分子式のアニメーション表示で学習するプログラムを作成した。黒板とチョークでは書き表わし得ない動的な表示は学習意欲の向上につながり、反応機構の理解に有効であると判断した。信号変換機を用いパソコンの信号をビデオ信号に変え、色々な提示の方法について実践検討した。その結果普通の教室で40人の学生に提示する場合、即ち通常の一斉授業においては液晶のプロジェクターを使用すると充分学生の目を引きつけることが出来た。画像と共に英語や一部中国語と日本語の説明を入れ VTR 教材に作り替えることも試みた。VTR 教材に作り替えることで、パソコンの規格が違っている場合にも VTR 教材として利用出来、化学教育を通じた国際交流にもつなげることが出来た。

Synopsis

We have prepared some programs to study organic chemical reaction mechanisms by personal computer. Those reactions include a chlorination reaction, addition reaction of hydrobromide and S_N reactions et al. Those were initially programed for using M. I. P. P. in C. A. I. (Computer Assisted Instruction) room or L. L. (Language Laboratory) at the lecture. It is important to show to students really what is happening when organic reactions take place. So, animated cartoon of the reactions on the display of personal computer or the screen will be useful. The usual type of CAI is used for individual study, on the otherhand, our presentation system will be used in the normal lecture as an aid for the teacher, who can explain the mechanisms verbally.

1. はじめに

一般的に有機化学の教科書¹⁾の章だてはアルカンに始まりアルケン、アルキン、アルコールなどと続く。そして官能基別に分類された化合物群ごとに、まず命名法を学び、次いでどの様にして得られるかの生成法、さらに章ごとの化合物群がど

んな反応をするのかを順次学習するようになっていく。そして大方の教科書、参考書では官能基がどのような反応をするかに多くのページ数を費やしている。その中でも反応を細かく見る、すなわち反応機構を吟味している部分が随所に見受けられる。有機化学の学習において、初期の段階で反応の機構を理解できるかどうか、その後の学習に対する意欲を引き出す観点からも大切なことである。反応機構が理解できると新しい反応に対しても類推が可能になり勉強が楽しくなる。著者らは学生が有機化学を楽しく学べるきっかけをつか

* 助教授 工業化学科

** 助教授 一般教科

*** Moncton 大学教授 Faculte des Sciences,
Centre Université de MONCTON

めるように、パソコンによる有機化学反応の動的表示を試みて来た。すなわち反応式作成プログラムとそれを利用した求核的付加反応^{2),3)}、メタンのハロゲン化など10例の反応^{4),5)}、ヒドラドイオンの転移を伴う加水分解反応のプログラム⁶⁾を報告した。それらのプログラムは一斉授業を想定しMIPP^{7),8)}や簡易放送型のシステム^{9),10)}、あるいはOHP用液晶パネル¹¹⁾を利用することを念頭に作られた。本報では更に手軽な信号変換器の入手を期に作成した教材ソフトが普通の教室で利用する際の留意点についても検討を加え、プログラムを手直した。分子式を特に大きく描き、教室の後ろの方からでも見えるように作り変えた。さらにパソコンの機種が異なる場合を想定してVTRでも学習出来るように英文の説明を入れ、種々の反応を一本のテープにまとめた。反応機構の動的表示は反応の理解を深めるうえで大変役立ち、黒板とチョークとで説明しにくい場合、繰り返し学習する際に特に有効と考えた。

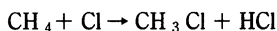
2. 使用機種とプログラムの作成方法

パソコンはPC-9801シリーズ、プログラムはN₈₈BASICにて作成した。画面の上部に反応式、中央に拡大文字²⁾で反応のアニメーション、下部に反応を説明する簡単な英文を全角文字で描いた。メニュー画面で反応を選びその後適時スペースキーを押す事によって反応が進む様子を学習出来る。従来はMIPP⁷⁾や簡易放送型教材提示システム⁹⁾を使用し授業中に教師が説明を加えながら学習することを前提にしていたので特に説明文などは挿しなかった。本報では個別学習、さらにはVTRに作り替えること、色々の提示の方法を想定し、今まで提出した反応も改めて見直した。

3. 有機化学反応例

既報⁵⁾と同様な代表的な化合物の反応12例を教科書¹⁾に従って取り上げた。(6)と(9)は新たに付け加えた反応である。

- (1) アルカン (メタンの塩素化)



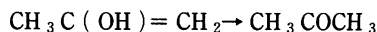
塩素分子は光の存在下で塩素ラジカルを生じ、メチルラジカルを経て連鎖反応によって塩化メチルを生成する。光照射によるラジカル反応であることを強調した。

- (2) アルケン (プロピレンへの臭化水素の付加)



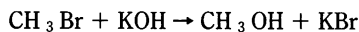
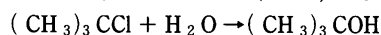
この反応は求電子付加反応で、Markovnikov則に従って2段階で進む。付加の方向に注目しメチル基の電子供与性、カルボニウムイオンの安定性を理解する。先にプロトンが付加し、ついで臭化物イオンが付加する2段階反応であることを印象づける。

- (3) アルキン (プロピンへの水の付加)



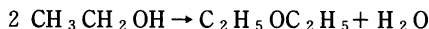
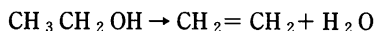
三重結合への水の付加求電子付加反応で、不安定なビニル化合物が水素の転移によってケトンを生ずる。

- (4) ハロゲン化アルキル-I (S_N1, S_N2 反応)



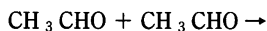
ハロゲン化アルキルの加水分解反応は、第三級カルボニウムイオンを生ずる塩化t-ブチルがS_N1反応、第一ハロゲン化物である臭化メチルはS_N2反応で進む。

- (5) アルコール (エタノールの脱水反応)



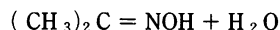
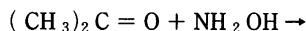
エタノールはカルボニウムカチオンからプロトンがとれるとエチレンを生成する。低温ではカルボニウムカチオンに別のエタノール分子が結合しプロトンが脱離しエチルエーテルを生成する。

- (6) アルデヒド (アルドール縮合)



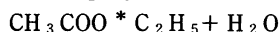
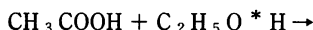
アセトアルデヒドのα炭素上の水素原子を塩基が引き抜く。生成したカルボアニオンは別のアルデヒドのカルボニル基を攻撃し水分子からプロトンを奪って3-ヒドロキシブタナール (アルドール) を生成する。

- (7) ケトン (アセトンへのヒドロキシルアミンの付加)



酸触媒下でアセトンはヒドロキシルアミンと求核的付加反応によってオキシムを生成する。

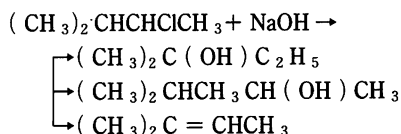
- (8) カルボン酸 (エステル化反応)



酢酸は酸触媒の存在でエタノールとのエステル化反応で酢酸エチルを生成する。酸素の同位体を使った実験で、水を生成する酸素がアルコールか

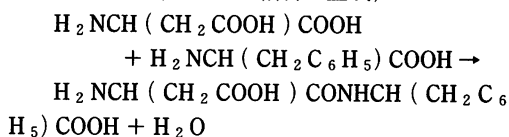
らではなく、酸からくることが知られている。

- (9) ハロゲン化アルキル-Ⅱ (転移を伴う置換反応)



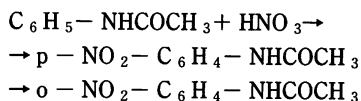
2-クロロ-3-メチルブタンがアルカリ水溶液中において、主生成物として2-メチル-2-ブタノールが得られる。この反応はヒドリドイオンの転位を伴う求核的置換反応で、副反応生成物として3-メチル-2-ブタノールと2-メチル-2-ブテンが生成する。

- (10) アミノ酸 (ペプチド結合の生成)



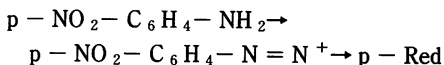
α -アミノ酸のカルボキシル基と別の α -アミノ酸が脱水縮合してペプチド結合を作る反応で、AspとPheとの脱水を例とした。

- (11) 芳香族-Ⅰ (アセトアニリドのニトロ化)



アセチルアミノ基は o- 、 p- 配向性で、アセトアニリドの混酸によるニトロ化では、生成するニトロアセトアニリドは o- 体と p- 体の混合物である。その生成割合は p- 体の方が多く、その理由として o- 位の立体障害が考えられる。その立体障害を強調した。

- (12) 芳香族-Ⅱ (ジアゾ・カップリング反応)



p- ニトロアニリンのジアゾ化と引続き起きる β -ナフトールとのカップリング反応を表した。亜硝酸ナトリウムは塩酸酸性で亜硝酸を発生し、2分子から脱水によって三酸化二窒素が生成する。この三酸化二窒素が p- ニトロアニリンを攻撃しジアゾ酸を経てジアゾニウムイオンになる。カップリング反応は β -ナフトールの α 位で起こり p-Red が生成する。アルドール縮合反応(6)を例に画面の移り変りを図-1に示した。

本報のアニメーション表示によるはあくまで、有機化学学習の初歩の段階での補助教材として作成した。混成軌道を考慮した分子表示や正確な立体的表示に言及するまでには至らなかった。その

ような教材ソフトとして獅子堀^{12),13)}のがあり大変完成度が高く優れている。

4. 教材の提示方法と授業での実践

プログラムは当初、MIPPや簡易放送型の教材提示システムで教師が説明を加えることを前提につくられていたので説明文は入れていなかった^{4),5)}。しかし補習や反復学習で個別に利用したい旨の申し出があり、そのような時の利用に役立つように簡単な説明をつけ加えた。説明文は英語とした。信号変換による画像の劣下を考慮し全角文字を使用して文字、行間隔を少し広げて見え易くした。一般にパソコンで教材を作成するのには非常に時間と労力を要する。集団で見たり、授業で用いる場合には提示の方法の工夫も大切である。教室での一斉授業では特にみんなの目を教師に集中させる必要がある。中味が優れた教材ソフトを作成しても、上手に提示することが出来なければ、せっかく時間をかけてプログラムを作成してもその労苦が報われない。従来から使用しているMIPPや簡易放送型システムは、設備そのものが大がかりで、部屋の使用申し込みが重なることが度々あった。本報では従来の普通の教室での授業形態を変えないで提示する方法を検討した。色々な提示システムを図-2, 3, 4に示した。

本校では各階ごとに河搬式のTVモニターを用意し、どの教室でも使用出来る。

各教室にはOHP用にスクリーン用意されているので、液晶パネルでの提示は容易である。しかし今のところカラー表示出来ないのが難点である。本報でのプログラムはカラー表示で強調している例は少ないが、注目している電子、エステル化の酸素の由来、 p-Red の色はカラーで表示することを前提にプログラムを作成している。大きく写す方式は従来から本校で使用しているCAI室、LL室のMIPPの形式である。しかしCAI室は情報処理の授業が、L.L.室においては英語、ドイツ語の演習が優先する。図-4は本校の大講義室を利用した場合のシステム図である。大講義室は元々VTRプロジェクターが装備されており、ノート型あるいはラップトップパソコンと手軽な信号変換器(点線部分)があると2クラス分の人数での演示が出来る。ただし1クラス40人で行う授業には部屋が大きすぎ、注意力が分散するきらいがあった。

パソコン
NEC PC-9801LV

TVモニター
(27インチ)

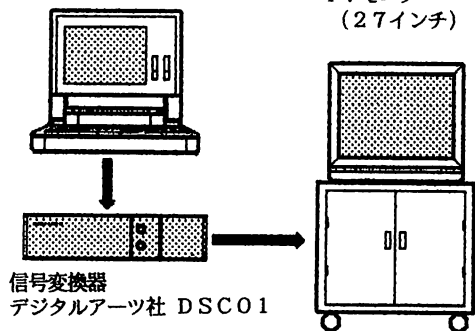


図-2 可搬式TVモニターを使用した場合のシステム

5. VTR教材への変換

“目”からだけでなく同時に“耳”からの情報を重ねて学習するためにパソコンでの学習画面を説明を入れたVTR教材に作り替えた。(6)アルドール反応は日本語(笹村), (9)転位を伴うハロゲン化アルキルの置換反応は中国語(楊)その他の反応は英語(NEWBOLD)の解説を入れた。

VTR作成に使用した機器構成を図-5に示した。

手順は、先ずおおよその学習速度に応じて反応を説明する音声を予めカセットテープに録音する。次いでそのカセットテープをもとに元のパソコンとVTRの操作で説明と画像を一致させたVTR

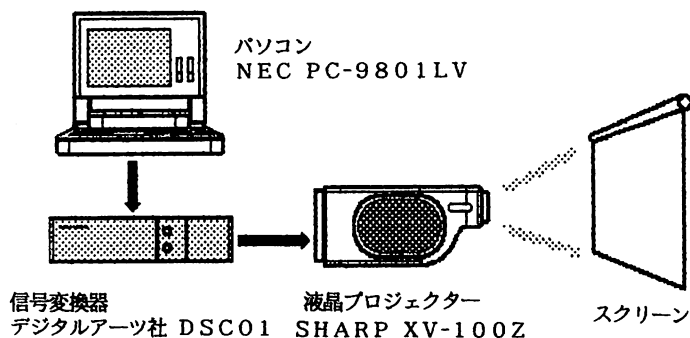


図-3 液晶プロジェクターを使用した場合のシステム(要暗幕)

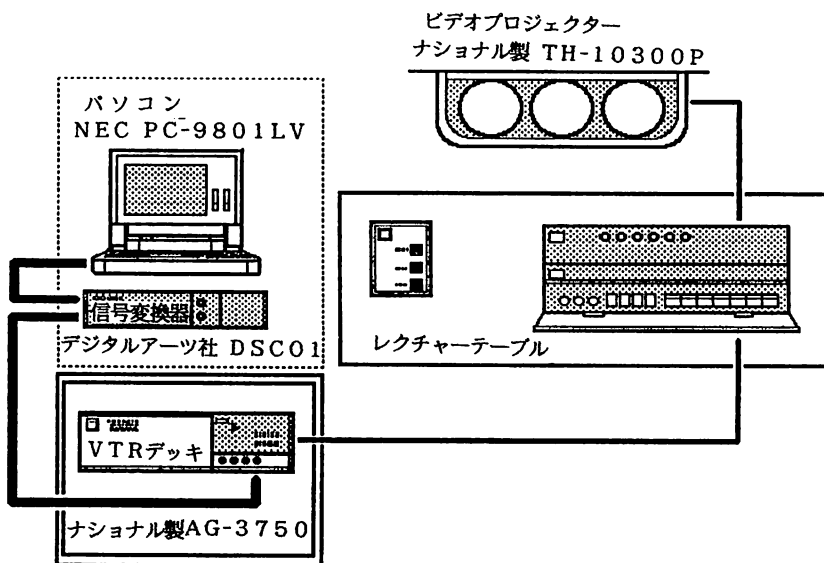


図-4 三管式ビデオプロジェクターを使用した場合のシステム(大講義室)

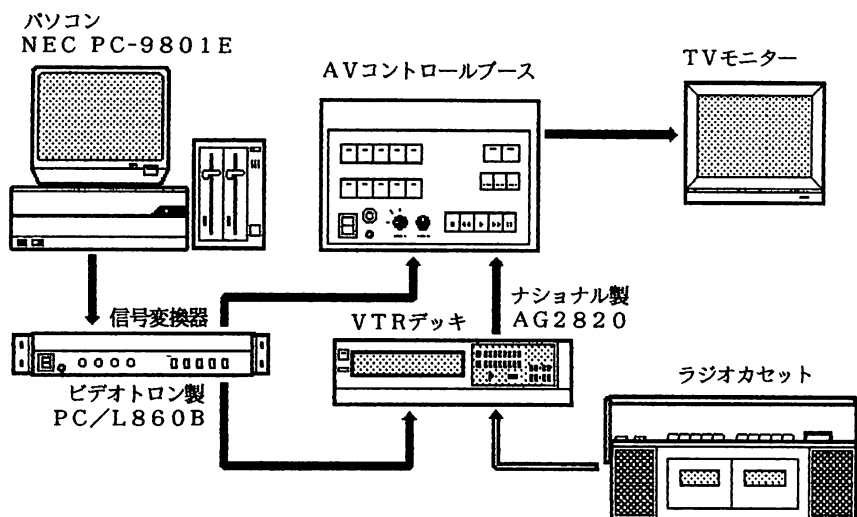


図-5 VTR教材への変換システム

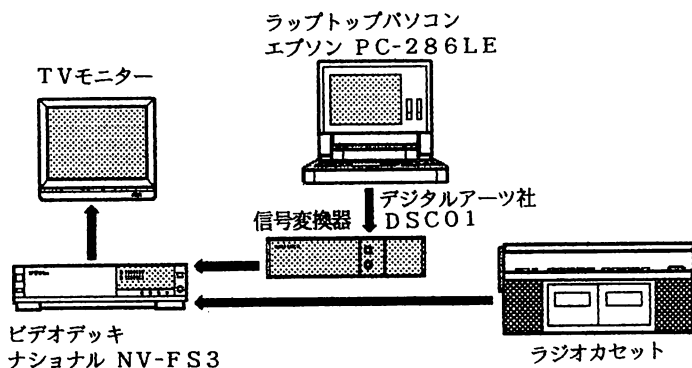


図-6 VTR教材への変換システム

テープを作成する方法をとった。VTRは、教材として完成しており個別、集団学習を問わず手軽に利用出来た。もちろん繰り返しの学習も可能である。コンピューターの機種の違いやコンピューターの操作に抵抗を感じている学生にも受け入れられる。手軽にVTR教材に変換する方法として図-6のシステムを試用した。充分授業に利用が可能で信号変換器の性能が著者らの要求を満たしていた。

6. ま と め

有機化学反応の反応機構を普通の授業で学習する際のプログラムを作成した。黒板とチョークによる授業では表し得ない連続した動的な画面表示は化学教育に有効と受け止めた。しかし大きな分

子では大勢で見ることが難しかった。その様な教材の場合には簡易放送型のシステムを利用する方がよかった。我々は黒板とチョークによる伝統的な授業方法を否定しているのでは無い。今までの一斉授業の形態を崩さず少々味付け、目先を変えて有機化学に多少なりとも興味を抱かせることを目指している。本教材に興味を持ち、次いで繰り返し勉強する。手を変え、品を変えて繰り返し学習することが大切である。三管式プロジェクターは良く見られる。手軽なビデオ信号への変換器があればノート型、ラップトップ型パソコンを持ち込み、演示、提示が出来る。有機化学を専門にし極めようとしている学生には不備な点もあるが、この教材を見ながら電子一個一個を丁寧に紙に書きながら学習し理解を深めることの手助けになれば幸いである。プログラムの作成にあたって尽力し

ていただいた本校工業化学科21期生の能本龍也、
24期生の木船貴博両君に深謝します。

参考文献

- 1) 後藤俊夫, 磯部稔訳「パーゴイン有機化学」
東京化学同人
- 2) 山口和美, 横田和明, 化学 PC 研究会会報,
7, 72 (1985)
- 3) 山口和美, 横田和明, 化学 PC 研究会会報,
7, 87 (1985)
- 4) Yasuaki SASAMURA, Kazumi YAMAGUCHI,
Masashi NAKATSU and Brian T. NEWBOLD, The
1989 International Chemical Congress of Pacific
Basin Societies, 06 INFO-110 (ホノルル)
- 5) 笹村泰昭, 山口和美, 中津正志, Brian T.
NEWBOLD, 化学 PC 研究会会報, 12, 33 (1990)
- 6) Yasuaki SASAMURA, Kazumi YAMAGUCHI,
Kiyoshi FUJII H. LIANG and Brian T. NEW-
BOLD, 4TH Asian Chemical Congress, 8. 115
(1991) (北京)
- 7) 中津正志, 高橋達男, 精密機械, 51, 1870 (1985)
- 8) 笹村泰昭, 中津正志, 藤井清志, 宇野克志,
遠藤俊二, 川村静夫, 化学 PC 研究会会報, 7,
41 (1985)
- 9) 藤井清志, 佐藤義則, 笹村泰昭, 中津正志,
前川静男, 苫小牧高専紀要, 第25号, p 57 (1990)
- 10) 笹村泰昭, 藤井清志, 遠藤俊二, 佐藤義則,
三河佳紀, 小鹿正夫, 山口和美, 中津正志, 宇
野克志, 苫小牧高専紀要, 第26号, p 61 (1991)
- 11) 笹村泰昭, 中津正志, 小鹿正夫, 遠藤俊二,
藤井清志, 宇野克志, 苫小牧高専紀要, 第25号,
p 49 (1990)
- 12) 獅子堀彊著「パソコンによる有機化学」共立
出版 (1989)
- 13) 獅子堀彊著「パソコンによる立体化学」共立
出版 (1991)

(平成4年10月22日受理)

