

日本大学理工学部

# 一般教育教室彙報

第 113 号

---

## 目 次

### — 論 文 —

法動詞としての繰り上げ述語 ..... 秋庭 大悟 ..... 1

### — 研究ノート —

教育分野の科学英語論文を基にした有機合成化学が学べるカードゲームの開発  
..... 伊藤 賢一, 阿部 里奈 ..... 11

— 研究動向一覧表 — ..... 23

— 重点配分の概要 — ..... 31

---

2023 年 4 月

# 法動詞としての繰り上げ述語

秋庭 大悟

(令和5年2月13日受理)

## Raising Predicates as Modal Verbs

By Daigo AKIBA

(Accepted February 13, 2023)

### 1. はじめに

英語において繰り上げ動詞の多くが不定詞補部で示される命題に対する判断を表す。

- (1) a. John seems to go to the party.  
b. John is likely to go to the party.

主語への繰り上げをする述語 (raising-to-subject predicate, 以下 RtS 述語) を含む (1) の例文はいずれも、「ジョンがパーティに行く」という命題が、ある状況下において真となるという話者の判断が示されている。同様に、目的語への繰り上げをする述語 (raising-to-object predicate, 以下 RtO 述語) も不定詞補部で表される命題に対する主節の主語の判断を表す (cf. Postal 1974 [1], Lasnik & Saito 1991 [2])。

- (2) a. Mary believes John to go to the party.  
b. Mary expects John to go to the party.

(2) の例では、「ジョンがパーティに行く」という命題に対し、それが高い確率で真と

なる (2a) ことや、真となる可能性がある (2b) ことを主節の主語である Mary が考えていることを表している。

一方、英語の多くの助動詞は、認識的解釈 (epistemic modality 以下, EM) と根源的解釈 (root modality 以下, RM) の2つの解釈を持つ。

- (3) John must go to the party.  
a. ジョンはパーティに行くにちがいない。(EM)  
b. ジョンはパーティに行かなければいけない。(RM)

モダリティはどちらの解釈においても必然性の高さの度合いを表す<sup>1</sup>。EM は文全体の命題に対する話者の判断を表し、(3a) では「ジョンがパーティに行く」という命題に対し、話者が高い確率で真となる (命題が真となることが必然である) と判断していることを表す。一方、RM は主語と述語動詞の関係を表し、(3b) では義務の意味 (「John」が動詞「go」の外項となることが必然である) が表される。

本論文では繰り上げ動詞と EM 助動詞の表す意味の類似性に着目し、助動詞が法素性を持つという仮説に基づき、繰り上げ動詞もまた法素性を持つと提案することで、助動詞と繰り上げ述語の持つ意味的・統語的な類似性を説明する。

## 2. 繰り上げ述語と法助動詞の類似性

### 2.1 繰り上げ述語と EM 助動詞の類似性

本節では Davies & Dubinsky (2004) [3] が論じる繰り上げ動詞とコントロール動詞の相違点に基づき、彼らが示す繰り上げ動詞の持つ 5 つの性質の全てが EM 助動詞でも観察されることを示す。

#### 2.1.1 主語の意味役割

繰り上げ述語は主節の主語に意味役割を付与しない。そのため、RtS 述語では主節の主語位置に現れる名詞句は不定詞補部内の動詞から意味役割をもらう。また、同様に RtO 述語は主節内に繰り上げされる名詞句に意味役割を付与しない。

- (4) a. John seemed to go to the party.  
b. Mary believed John to go to the party.

(4) のそれぞれの文に置いて、名詞句 John は不定詞節内の動詞 go から動作主の役割を付与され、seem や believe からは意味役割が付与されない。同様に、EM 助動詞は意味役割を付与することがない。

- (5) John might go to the party.

(5) において、法助動詞が表すのは命題全

体に対する話者の判断であり、主語の名詞 John は動詞 go からのみ動作主の意味役割が付与されている。

#### 2.1.2 不定詞補部の受動化による真理値の変化

コントロール構文では不定詞補部の動詞が受動化されることで真理値の変化が起こるが、繰り上げ構文ではそれが見られない。

- (6) a. John tried to like Mary.  
b. Mary tried to be liked by John.

コントロール述語 try を伴う (6) において、(6a) の「ジョンがメアリーを好きになろうとする」ことと、その補部不定詞節が受動化された (6b) の「メアリーがジョンに好かれようとする」ことは同義ではなく、真理値が異なる。

一方、繰り上げ動詞と EM 助動詞では受動化による真理値の変化が観察されない。

- (7) a. John seemed to like Mary.  
b. Mary seemed to be liked by John.

- (8) a. Bill believes John to like Mary.  
b. Bill believes Mary to be liked by John.

- (9) a. John might like Mary.  
b. Mary might be liked by John.

上記の例では、いずれにおいても、受動化による真理値の変化がないことが分かる。前節で議論したように、繰り上げ述語は繰り上げられる名詞句に、EM 法助動詞は主節の主語に意味役割を付与しない。そのた

め、不定詞節内の述語関係が維持され、受動化による真理値への影響がない。しかし、コントロール構文では、主節の主語位置の名詞句はコントロール述語から意味役割を付与される。そのため、受動化により主節の主語位置に現れる名詞句が変わると、コントロール述語から意味役割を受ける名詞句が変わることとなり、真理値が変化することとなる。

### 2.1.3. 選択制限

繰り上げ構文では不定詞補部の動詞の持つ選択制限が維持されるが、コントロール構文では主節動詞であるコントロール述語が独立した選択制限を持つ。

(10) a. The rock is granite.

b. #The rock understands the important issues of the day.

(Davies & Dubinsky 2004)

動詞には主語の選択制限があり、それに違反すると、たとえ文法的ではあっても容認不可能な文となる。動詞 *understand* は主語に生物であることを要求するため、(10b) のように無生物である岩を主語とすると、文法的ではあるが、意味的な解釈ができず容認不可能な文となる。(10a) は文法的であり、意味的にも容認可能な文であるが、これをコントロール構文の中に埋め込むと、容認可能性が大きく下がることが観察される。

(11) a. #The rock tried to be granite.

b. #The rock tries to understand the important issues of the day.

(Davies & Dubinsky 2004)

前節で述べたようにコントロール述語は主節主語に意味役割を付与するため、選択制限を持っており、(11a)において、無生物である「岩」を主節の主語とすると容認不可能となる。また、(11b)の文が容認不可能であるのは動詞 *understand* の選択制限が満たされなかったからだけではなく、*try* の選択制限もまた満たされないことによる。

一方、意味役割の付与に関して、コントロール述語とは異なるふるまいを見せる繰り上げ述語では選択制限による容認可能性の変化は観察されない。

(12) a. The rock seems to be granite.

b. #The rock seems to understand the important issues of the day.

(Davies & Dubinsky 2004)

(13) a. Barnett believed the rock to be granite.

b. #Barnett believed the rock to understand the important issues of the day.

(Davies & Dubinsky 2004)

(12a) と (13a) はいずれも容認可能であり、(12b) と (13b) が容認不可能であるのは、動詞 *understand* の選択制限が満たされないことだけが要因となる。同様に (10) の文に EM 助動詞を加えても文の容認可能性に変化は見られない。

(14) a. The rock might be granite.

b. #The rock might understand the important issues of the day.

### 2.1.4 虚辞主語

繰り上げ述語は繰り上げられる要素に意

味役割を付与しないため、虚辞主語を取ることが可能である。

(15) a. It seems to be cold outside.

b. There seems to be a visitor outside.

(16) a. John believed it to be cold outside.

b. John believed there to be a visitor outside.

虚辞主語は意味的に空であり、いわゆる「EPP」の条件を満たすためだけに主語位置に現れるものであると考えられる。そのため、繰り上げられる名詞句に意味役割を付与しない繰り上げ構文では虚辞主語を置くことが可能である。同様に EM 助動詞を含む文においても虚辞主語は観察される。

(17) a. It might be cold outside.

b. There might be a visitor outside.

### 2.1.5 イディオム

Davies & Dubinsky(2004) は繰り上げ構文に主語を含むイディオム表現が埋め込まれると、主語の繰り上げが起こった後でもイディオムの意味が維持される一方で、コントロール構文ではイディオム的な解釈を取ることが難しくなることを論じている。

(18) The cat is out of the bag.

(Davies & Dubinsky 2004)

(19) a. The cat seemed to be out of the bag.

b. Tina believed the cat to be out of the bag.

(Davies & Dubinsky 2004)

(18) は文字通りの「猫が袋の外にいる」という意味の他に、「秘密が漏えいする」というイディオム的な解釈を持つが、繰り上げ構文の (19) ではどちらの文でも文字通りの意味に加え、イディオムとして解釈することが可能である。一方、コントロール構文ではイディオム的な解釈を取ることができない。

(20) The cat tried to be out of the bag.

(Davies & Dubinsky 2004)

(20) の文は「猫が袋から出ようとした」という文字通りの解釈のみが可能である。主節主語はコントロール述語から意味役割を受け、選択制限が働くことを考えると、たとえ「the cat」が比喩的に「秘密」という意味で使われたのだと考えても、コントロール述語の選択制限によりそれが容認不可能となってしまう。

EM 助動詞は繰り上げ動詞と同様にイディオム解釈に影響を与えることがない。

(21) The cat might be out of the bag.

(21) は文字通りの意味に加え、「秘密が漏えいしたかもしれない」という解釈をすることが可能である。

### 2.1.6 まとめ

以上のように、繰り上げ述語と EM 助動詞は、命題に対する話者の判断を表すという意味的な類似性を持つだけでなく、意味役割の付与に関し同様の特徴を持つことから、多くの文法的な性質を共有している。

初期の生成文法では、EM 助動詞は補部

の不定詞節のみを項として取る自動詞である一方で、RM 助動詞は主語と補部の両方を項とする他動詞であると分析されていた (Ross 1969 [4], Perlmutter 1970 [5] 等)。また、この仮説に基づいて、2つの法助動詞の違いは、EM は繰り上げ述語であり、RM はコントロール述語であるという分析がなされていた (Jackendoff 1972 [6] 等)。しかし、その後の研究において (Wurmbrand 1999 [7], Barbiers 2006 [8]), RM 助動詞もまた繰り上げ動詞との類似を持つことが指摘されている<sup>2</sup>。次節では法助動詞がその解釈に関わらず、繰り上げ動詞との類似性を示すことを論じる。

## 2.2 繰り上げ述語と RM 助動詞の類似性

前節にて概観した繰り上げ述語と EM 助動詞の持つ文法的な共通点は RM 助動詞においても観察される。

第一に、上述したように EM 助動詞は虚辞主語を取ることが可能であるが、もし RM 助動詞が他動詞的であり、コントロール述語であるとすると、主語位置に意味役割を付与することから虚辞を取ることができないと予測される。しかし、Barbiers (2006) が示すように RM 助動詞もまた、虚辞主語を取ることができる。

(22) There must be a solution to this problem  
on my table this morning. (Barbiers 2006)

(22) の文は多義的であり、法助動詞 *must* は EM と RM の両方の解釈を持つことが可能である。このことから、RM 助動詞もまた、主語に意味役割を付与していないことが分かる。

また、(23) が示すように RM 助動詞は動詞の持つ選択制限に影響することがなく、(24) が示すように主語を伴うイディオムの解釈を崩すこともない。

(23) a. The rock must be granite. (in order to  
make a good sculpture)

b. #The rock must understand the  
important issues of the day.

(24) The cat must be out of the bag.

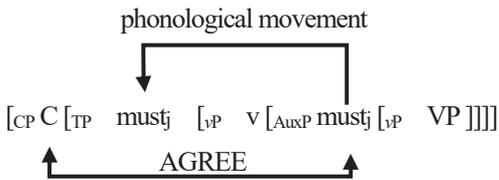
こうした事実から、RM 助動詞もまた、繰り上げ動詞と同じ統語的な性質を持っていることが示唆されるが<sup>3</sup>、それでは、法助動詞と繰り上げ動詞の違いはどのように説明されるのだろうか。

## 3. 法素性を持つ動詞としての繰り上げ述語

RM は義務・可能等の意味を表し、EM は命題全体に対する話者の判断を表すが、それぞれの法解釈において、異なる作用域を取ることが通言語的に観察され、RM は *vP* 領域で解釈を受け、EM は *CP* 領域で解釈を受けることが指摘されている (Abraham 2002 [9], Butler 2003 [10], Hacquard 2006 [11], Akiba 2014 [12] 等)。Chomsky (2000) [13] 以降、派生の単位としてフェイズという概念が提案されており、*v\*P* と *CP* がフェイズを構成すると考えられている。Akiba (2014) では法解釈はフェイズ単位でなされているという仮説を提案し、法助動詞が法素性を持ち、フェイズ主要部と一致 (Agree) することで、フェイズ主要部によって法解釈がなされ

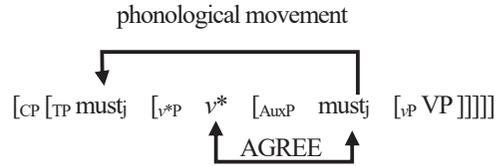
ると論じている。Akiba は主要部移動が音韻部門での操作であると仮定した上で (cf. Chomsky 2001 [14] 等), 英語助動詞のそれぞれの解釈における派生を以下のように考える。

### (25) EM 助動詞の派生



法助動詞が EM 解釈を得るときには、法助動詞は非フェイズである  $vP$  の下に基底生成され<sup>45</sup>、そこで  $C$  の持つモダリティ素性と一致することで  $C$  にモダリティの値を付与し、助動詞は音韻部門において  $T$  位置へと移動する。法解釈そのものは  $C$  が担うことになるので、助動詞が音韻部門において  $T$  位置へと移動することになっても、この移動により法解釈に影響が出ることはない。 $C$  主要部が法解釈を得るときには命題全体に法解釈がかかることになるので、EM の解釈が得られる。一方で、RM 解釈を得るときには、法助動詞は  $v^*P$  の下に基底生成され、 $v^*$  と一致することで  $v^*$  の持つモダリティ素性に値が与えられる。 $v^*P$  フェイズは述語関係を構築するため、主語と述語の間の義務等を表す RM の解釈が得られることとなる。

### (26) RM 助動詞の派生



このとき、法助動詞が意味解釈部門において直接法解釈を担うのではなく、各フェイズ主要部の持つモダリティ素性と一致することで、意味解釈部門においてフェイズ主要部が法解釈を担うのを駆動する役割を果たすこととなる。Chomsky (2004) [15] 以降、統語部門から意味部門へはフェイズ単位で情報が送られると考えられている。いずれの解釈においてもモダリティが必然性の高さを表すことを踏まえ、Akiba は意味部門へ情報が送られる際に送られる情報の必然性に関する情報がフェイズ単位で付加されることがモダリティ解釈の本質であると論じる。

もし法助動詞が繰り上げ述語と同じ性質を持っているのであれば、EM と RM の助動詞の違いは以下ようになる。

### (27) EM: $vP$ の下に生成される繰り上げ動詞

RM:  $v^*P$  の下に生成される繰り上げ動詞

繰り上げ動詞は他の語彙的な動詞と同様に主要部移動をしないことから、語彙的な意味を持つ動詞であることが示唆される。また、RtS と RtO の繰り上げ動詞の区別が自動詞と他動詞の違いによって説明されることから、繰り上げ動詞と法助動詞の性質について以下のようにまとめることができる。

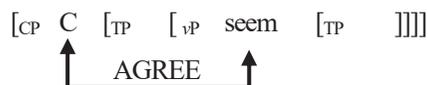
(28)

		Lexical	
		+	-
under v*P	+	Raising-to-Subject Predicate	Root Modal Aux
	-	Raising-to-Object Predicate	Epistemic Modal Aux

繰り上げ動詞が EM 助動詞と同様に命題全体に対する話者の判断を表すことから、本論文では繰り上げ動詞もまた法素性を持ち、法助動詞と繰り上げ動詞は語彙的な意味を持つかどうかによってのみ区別されることを提案する。

RtS 述語では述語の持つ法素性が C と一致することにより、命題全体に対する話者の判断を表すと考えられる。

(29) RtS 述語の派生



繰り上げ構文における不定詞補部が TP であるとする、補部 TP 内から主節の TP 指定部へと名詞句が繰り上げられるが、この時、seem の持つ法素性と主節の C 主要部が一致することで、主節 TP より下の全体に法解釈がかかることとなり、命題全体に対する法解釈である EM の解釈が得られる。(30) のように RtS 述語は主節に現れる副詞よりも高い作用域を取ることが指摘されているが (Homer 2012) [16], RtS 構文では副詞 often よりも高い位置にある C が法解釈を受けているとすれば、このことも説

明が可能となる。

(30) People often seem to visit the patient of room 32.seem > often (Homer 2012)

RtO 述語は v\*P の下に基底生成されるにもかかわらず、不定詞補部全体に対する主節主語の判断を表す。

(31) John believed Mary to go to the party.

(31) の文は「メアリーがパーティに行く」ということが真である可能性が極めて高いと主節主語の John が判断していることを表すが、以下のように考えることで、この解釈も説明が可能である。

(32) RtO 述語の派生



RtO 述語では、動詞 believe が v\* と一致することにより、v\*P 以下の構造に対して法解釈がかかることとなる。繰り上げられた名詞句が {believe, TP} と姉妹関係となる位置に移動するすると (Lasnik and Saito 1991, Chomsky 2008 [17], 2013 [18] 等), このとき、法素性を持つ v\*P の下には繰り上げられた名詞句と TP が存在することとなり、これは (30) で示された RtS 述語が EM 解釈を得る場合と同じ構造になることが分かる。Akiba(2014) では RM と EM の法解釈は特定のフェイズと関連づけられているのではなく、法素性を持つフェイズの内容によってどちらの解釈が得られるかが

決定されることが提案されている。それに従えば、助動詞が RM 解釈を持つのは  $v^*P$  の下にあるのが述語関係を決定する  $vP$  だからであり、RtO 述語のように TP を含む要素があれば、 $v^*P$  フェイズが法解釈を得る際にも EM 解釈が得られることとなる<sup>6</sup>。RtO 述語は外項に意味役割を与えるため、話者の判断ではなく、主節主語の名詞句が判断者となるとすれば、RtS 述語と RtO 述語の判断者の違いも説明されることとなる。

また、法助動詞は T 位置への主要部移動をするのに対して、繰り上げ述語は主要部移動をしないが、(28) で示すように法助動詞と繰り上げ述語が語彙的な意味の有無で区別されるのであれば、法助動詞は語彙的に空であるために音韻部門での主要部移動が可能となることが説明される。

#### 4. まとめ

本論文では法助動詞と繰り上げ述語の文法的な性質が類似することを観察し、繰り上げ述語と EM 助動詞の意味の類似性から、繰り上げ述語もまた法素性を持つ要素であることを提案した。また、法解釈がフェイズの内部の構造によって決定されるという仮説から RtS 述語と RtO 述語のいずれもが EM 解釈を持つことが説明されることを示した。RtO 述語において、フェイズ主要部である  $v^*$  が持つ法素性が EM 解釈を持つことから、法解釈が特定のフェイズ主要部と関連付けられているのではなく、フェイズ内の構造によって決定されるという仮説の 1 つの根拠が示された。繰り上げ述語と助動詞が関わる様々な構文の比較を

通して、法素性と繰り上げ操作との間の関係性を検証・探求することを今後の課題としたい。

#### 注)

1. それぞれの法解釈に関する意味論的な議論に関しては Kratzer (1988 [19], 1991 [20]) 等を参照。
2. Wurmbrand (1999) [7] はアイスランド語の奇態格 (quirky case) の付与において、法助動詞がその解釈に関わらず繰り上げ動詞と同じ性質を示すことを論じている。
3. RM 助動詞が受動態において真理値の変化を引き起こすように見える例がある。

(i) a. John must like Mary. (in order to complete his mission)

b. Mary must be liked by John. (in order to complete her mission)

(i) の 2 つの文は異なる真理値を持つが、Newmeyer (1970) [21] が指摘するように、受動化による真理値の変化は常に観察されるわけではない。

(ii) a. Visitors may pick flowers.

b. Flowers may be picked by visitors.

(Newmeyer 1970)

(iii) a. Sam must shovel the dirt into the hole.

b. The dirt must be shoveled into the hole by Sam.

(Newmeyer 1970)

(ii), (iii) の例が示すように動詞の内項が無生物である場合には真理値の変化は観察されない。

(i) では法助動詞は動詞と主語の間の関係 (義務, 可能, 許可等) を表しているが, (iib) や (iiib) では動詞と前置詞句内に現れる動作主との間の関係を表している。このことから, RM 助動詞は常に主語位置の名詞句と述語との間の関係を表しているわけではなく, RM 助動詞が主語位置

の名詞句に意味役割を付与していると結論付けることは難しい。(i)と(ii),(iii)の間に見られる違いが何によって引き起こされるのかは今後のさらなる研究課題としたい。

4. フェイズ理論ではフェイズとなるvPは外項を取るものに限られ、非フェイズとなる非対格動詞や受動態におけるvPと区別するためにv\*Pと表される。
5. 法助動詞が基底生成される位置がAuxPとして表されているが、Aux主要部そのものが法解釈を担う要素となっているわけではない。
6. 法助動詞のEMとRMの解釈に関しては、カートグラフィに基づき、CP領域にEM解釈のための機能範疇があり、v\*P領域にRM解釈のための機能範疇があるという分析がなされることがあるが(Butler 2003 [22]等)、Akiba (2014)では法解釈は特定のフェイズ主要部と関連づけられるのではなく、フェイズ内部の構造によって決定されると論じている。また、秋庭(2016) [23]では名詞句の形で表される法表現がRM解釈のみを持つことを、フェイズ内部の構造により説明している。

## 参考文献

- [1] Postal, Paul M. 1974. *On Raising: One Rule of English Grammar and Its Theoretical Implications*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [2] Lasnik, Howard and Mamoru Saito. 1991. On the Subject of Infinitives. *Proceedings of the Chicago Linguistics Society (CLS)* 27. 323-343.
- [3] Davies, William D. and Stanley Dubinsky. 2004. *The Grammar of Raising and Control: A Course in Syntactic Argumentation*. Oxford: Blackwell Publishing.
- [4] Ross, J. Robert. 1969. Auxiliaries as Main Verbs. In William Todd (ed.) *Studies in Philosophical Linguistics I*. Evanston: Great Expectations Press. 77-102.
- [5] Perlmutter, David. 1970. The Two Verbs Begin. In Jacobs, Rodrick and Rosenbaum, Peter. Washington (eds.) *Readings in English Transformational Grammar*. DC: Georgetown University School of Language.
- [6] Jackendoff, Ray. 1972. *Semantic Interpretation in Generative Grammar*. Cambridge: MIT Press.
- [7] Wurmbrand, Susi. 1999. Modal Verbs Must Be Raising Verbs. *WCCFL 18 Proceedings*. Somerville, MA: Cascadilla Press: 599-612.
- [8] Barbiers, Sjef. 2006. The Syntax of Modal Auxiliaries. In M. Everaert and H. Van Riemsdijk (eds.) *The Blackwell Companion to Syntax vol.4*. Oxford: Blackwell. 1-22.
- [9] Abraham, Werner 2002. Modal Verbs: Epistemics in German and English. In Sjef Barbiers, Frits Beukema & Wim van der Wurff (eds.) *Modality and Its Interaction with the Verbal System*. Amsterdam: John Benjamin. 19-50.
- [10] Butler, Jonny. 2003. A Minimalist Treatment of Modality. *Lingua* 113: 997-1029.
- [11] Hacquard, Valentine. 2006. *Aspects of Modality*. Ph.D. diss. MIT.
- [12] Akiba, Daigo. 2014. Interpreting Modals by Phase Heads. In Elizabeth Leiss and Werner Abraham (eds.) *Modes of Modality. Modality, Typology, and Universal Grammar*. Amsterdam: John Benjamins. 19-42.
- [13] Chomsky, Noam. 2000. Minimalist Inquiries. In Roger Martin, David Michaels & Juan Uriagereka (eds.) *Step by Step: Essays in Minimalist Syntax in Honor of Howard Lasnik*. Cambridge, MA: MIT Press. 89-155
- [14] Chomsky, Noam. 2001. Derivation by Phase. In Michael J. Kenstowicz (ed.) *Ken Hale: A Life in Language*. Cambridge, MA: MIT Press. 1-52.

- [15] Chomsky Noam 2004. Beyond Explanatory Adequacy. In Adriana Belletti (ed.) *Structures and Beyond*. Oxford: Oxford University Press. 104-131.
- [16] Homer, Vincent. 2012. As Simple as It Seems. *Proceedings of the 18th Amsterdam Colloquium*. 351-360
- [17] Chomsky, Noam. 2008. On Phases. In Robert Freidin, Carlos P. Otero & Maria Luisa Zubizarreta (eds.) *Foundational Issues in Linguistic Theory. Essays in Honor of Jean-Roger Vergnaud*. Cambridge, MA: MIT Press. 133-166.
- [18] Chomsky, Noam. 2013. Problems of Projection. *Lingua* 130. 33-49.
- [19] Kratzer, Angelika. 1981. The Notional Category of Modality. In Hand-Jürgen Eikmeyer and Hannes Rieser (eds.) *Words, Worlds, and Contexts: New Approaches in Word Semantics*. Berlin: Walter de Gruyter. 38-74.
- [20] Kratzer, Angelika. 1991. Modality. In Arnim von Stechow and Dieter Wunderlich (eds.) *Semantics: An International Handbook of Contemporary Research*. Berlin: Walter de Gruyter, 639-650.
- [21] Newmeyer, Frederick. 1970. The 'Root' Modal: Can It Be Transitive? In J.M. Sadock & A.L. Vanek, (eds.) *Studies Presented to Robert B. Lees by His Students*. 189-196.
- [22] Butler, Jonny. 2003. A Minimalist Treatment of Modality. *Lingua* 113. 997-1029.
- [23] 秋庭大悟 2016. 「名詞句におけるモダリティ解釈について」『Sophia Linguistica』65 上智大学国際言語情報研究所 35-50.

# 教育分野の科学英語論文を基にした有機合成化学 が学べるカードゲームの開発

伊藤 賢一, 阿部 里奈

(令和5年1月31日受理)

Development of a Card Game for Learning Synthetic Organic Chemistry Based on  
Scientific English Papers in the Field of Education

By Ken-ichi ITOH, Rina ABE

(Accepted January 31, 2023)

## 1 はじめに

教育（学習）ゲームを利用する学修（学習）はアクティブ・ラーニングである、とされる<sup>1, 2</sup>。

一般にゲームの定義は、1) 勝負事・勝敗を競う遊びや2) 試合・競技・勝負とされ、より厳密には「プレイヤーがルールで決められた人工的な対立に参加するシステムであり、そこから定量化できる結果が生じるもの」とされている<sup>3, 4</sup>。またこのようなゲームに、学習要素を取り入れたものが教育（学習）ゲームである<sup>5</sup>。他方、アクティブ・ラーニング（能動的学修）とは「伝統的な教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」であり、より本質的には「問いかけ」によって学修者に自分で考えさせ、またその考えを表出することによって仲間と共に学ぶこと、とされる<sup>6, 7, 8</sup>。ゲームはスキルの習得とそ

の実践が一連の行動（活動）の中で密接に係るという性質をもち、そのような性質は学習活動にも通ずることからそれらの親和性の高さが説明される<sup>5</sup>。さらに、ゲームは課題志向及び参加型であることからそれを利用する学修はアクティブ・ラーニングである、と考えることが可能となる。

化学分野における教育（学習）ゲームに関しては日本国内及び諸外国で多数の開発事例が報告されているが、特にアメリカ化学会の教育系雑誌である *Journal of Chemical Education* 誌においてその報告例が多く、またゲームの種類も豊富である。そこで我々は2010年以降の雑誌で発表された論文を調査し、パズルゲーム<sup>9</sup>（クロスワードパズル<sup>10</sup>を含む）やカードゲーム<sup>11</sup>、ボードゲーム<sup>12</sup>、脱出ゲーム<sup>13</sup>等、多種多様な教育（学習）ゲームに関する情報を得ることができた。

今回我々はそれらのうちの1つである Farmer らが開発及び報告した有機合成化

学が学べるカードゲーム<sup>14</sup>に着目した。このような有機化学を題材としたカードゲーム開発の日本における先行研究としては「有機化学カードゲーム<sup>15, 16</sup>」等が挙げられ、さらに商品化された実践事例として「有機大富豪 Organic President<sup>17</sup>」等があり、有機化学が学べるゲームの有用性やその需要の高さが窺い知れる。本研究では先に示した文献を基に、日本大学短期大学部生命・物質化学科（現ものづくり・サイエンス総合学科）の卒業研究（短大2年生後期から半期間実施）を担当している関係からその研究テーマとして取り上げ、配属された卒研究生（短大2年生1名）と共に日本人、特に高校生向けのカードゲームの開発を行ったのでその詳細についての報告を行う。

我々の便利で豊かな生活を支えてくれている有機化合物、またそれに関する研究を行う有機化学の重要性は言うまでもないが、これを学ぶ上では数多くの官能基や有機反応を知り、かつそれらを記憶することが求められる。有機化学の学修（学習）における目標の1つとして、基本的な有機反応を利用して目的物合成における反応経路を検討し、それを自身で組立てることができるようになることが挙げられる。つまり基礎的な情報の「記憶」が必要となる。それゆえ学修者（主に大学の学部生）においてはこの「記憶する」という行為が負担となり、学問として忌避される傾向が生じている<sup>18, 19, 20</sup>。本ゲームはそれを回避するために開発されたものであり、ゲームを通して知識の定着率が高まるという学習効果がある<sup>14</sup>。そこで我々は、同様の「記憶させられる」という傾向がある日本の高校化学における有機化学に関し、その学修者と

なる高校生向けに先のゲームをアレンジして提供することを考えた。これによって有機化学を遊びながら楽しく学ぶことができるようになり、またそれに対する興味の向上や知識の定着が期待できる。他方、ゲームを利用した学習法の開発は様々な分野で多数報告されている<sup>21, 22, 23</sup>が、化学分野において教育ゲームの作製活動を通じた教育効果に関する評価はあまり行われていない、とされる<sup>24</sup>。これに関連し、卒業研究を通じた本研究を進めるにあたって卒研究生から「ゲームを制作する中で、苦手だった有機化学の効果的な学習につながった」という意見が挙げられたことから、その制作過程の詳細を本報告で示し、今後の教育に活用するための事例紹介とする。

## 2 方法

### 2-1. Farmer らが開発したゲームの紹介

始めに、Farmer らが開発したゲームについて解説する。本ゲームの様式はカードゲームであり、以下に示す「reagent game card（以下、反応剤カードとする）」と「functional group game card（以下、官能基カードとする）」の2種のカードを用いる（図1）。前者においては官能基を含む一般式での官能基変換の反応式がその種別名称と共に反応試薬（触媒や溶媒等）込みで（図1左）、また後者においては官能基を含む一般式がその種別名称込み及び色付きで（図1右）記載されている。加えて反応剤カードに記載されている有機反応は本ゲームの利用者が「大学で化学を専門に学ぶ課程の学生」と想定されていることから有機化学の専門書である J. McMurry 著 Organic

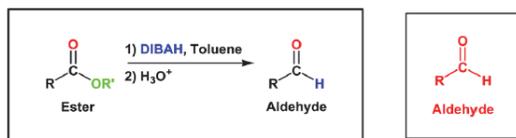


Figure 1. (Left) Example of a reagent game card. (Right) Example of a functional group game card.

図 1. ゲームに使用する 2 種のカード (Farmer らの論文<sup>14</sup>より転載)

Chemistry (マクマリー有機化学) から引用されており、その総数はアミンからのアルケン合成を筆頭に 76 種類である。また官能基カードはアルデヒド類(ホルミル基)を筆頭に 13 種類で構成されている。当該論文においてはこれらのカードを用いた 2 種のゲーム(「Synthesis (合成)」と「Synthetic Dominos (合成ドミノ)」というゲーム名称)が報告されており、両ゲームに共通する基本的なルールは官能基カードを中心にそれと同じ官能基が反応物(出発原料)、また生成物に記載されている反応剤カードを用いてそれらを連結させていく、というものである(図 2)。官能基カードにはその上下左右計 4 ヲ所の位置で反応剤カードをつなげることができ、また反応剤カードには新たな反応剤カード、または官能基カードを連結させることが可能である。ただし、反応剤カードに別の反応剤カードを連結させる場合は「反応の向き」に注意し、先の反応の生成物には次の反応の反応物を、ま

たはこれとは逆に先の反応の反応物には次の反応の生成物がつながるようにしなければならない。

## 2-2. 対戦型ゲーム「合成ドミノ」の詳細

今回、卒研究生と共にアレンジを行ったゲームは対戦型である「合成ドミノ」であり、4 名程度のプレイヤーでの実施(ゲームプレイ)が想定されているものである。ゲームでは始めに、「得点」の最大値を決める。得点とはゲーム終了時に各プレイヤーが手札としてもっているカード 1 枚を 1 点として計算されるものである。複数回ゲームを行うことによって最大値に達したプレイヤーが生じた段階でゲームが完全に終了し、そのときに最も得点の少ない者が最終的な勝者となる(つまり如何に早く、大量のカードを出せるかが勝負となる)。次に各プレイヤーは反応剤カード 8 枚、官能基カード 2 枚を配布される。また、反応剤カードのうち 10 枚は山札として裏向きで、また官能基カードのうち 1 枚を表向きで場に置く(その他のカードは使用しない)。その後順番を決め、各プレイヤーは場に出ている官能基カードを中心に反応剤カードを連結させていく。このとき、場に出せるカードが無い場合は山札からカードを引く。ゲームは手札が無くなったプレイヤーが出るか、また山札のカードが無くなった時点で終了とする。終了時に、各プ

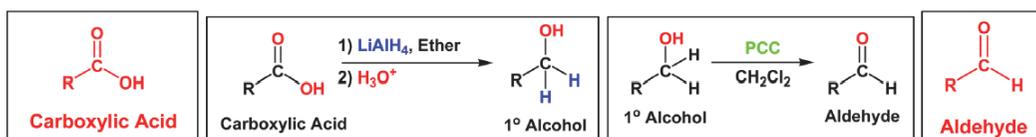


Figure 2. An example of a complete solution to a Synthesis problem.

図 2. カードを連結させた場合の例 (Farmer らの論文<sup>14</sup>より転載)

レイヤーは得点を計算する。プレイヤーはこの一連の流れを繰り返し、先に示した基準での勝者を決定する。本ゲームの実施による学習効果は、2種のカードからは官能基の構造とその名称がリンクした形での理解、また触媒や反応試剤を含めた代表的な有機反応を知ることができること等である。加えてそれらを「連結」させることによって有機合成反応の特長である官能基変換を通した目的物の合成が可能であること、つまり「必要なものを自分自身で作り出せる、逆合成が可能である」ことを理解することができる。

### 2-3. ゲーム開発に関する手順

次に、卒業研究を通したゲームの開発に関する手順を示す。本開発において教員は、必要な資材やゲーム性及び学習効果等に関する情報の提供を行い、議論においては卒研生の自主性を妨げないように合意形成が行われるようなサポートを行う。また卒研生が期間内にゲームを完成することができるようにファシリテートすることを心がける。

#### 1) 教育論文の提示と選択及びその読解

先に示したこれまでに取得している化学分野の教育(学習)ゲームに関する科学英語論文をゲーム様式別(カードゲームやボードゲーム等)に分類し、教員が卒研生の状況を鑑みて読解が可能と考えられるものを事前にいくつかピックアップしてそれらを提示する。卒研生は興味をもった論文を自身で選択し、それを教員と共に読解していく(卒研生は学術論文を読むこと自体が初めてである場合が一般的であり、さらに英語論文であるので共同で読解する必要があると考えられる)。

#### 2) ゲームの再現

先の論文読解を進める中でそこに記載されているゲームを原案通りに再現する。再現に必要なもの(パソコン及びプリンタ、紙類等)は基本的に教員側で準備する。

#### 3) ゲームの実践

再現したゲームを教員、または同級生等と実際にプレイして論文に示された学習効果の検証等を行い、同時にそれが有する問題点を教員等と共に検討する。

#### 4) ゲームの改良

3)の結果を基に、ゲームの改良を教員と共に進める。改良に関しては、単純なところでは①ゲーム内における表記を英語から日本語に変更することから始め、②ゲームを実施する対象者(ゲームのプレイヤーであり、学修者)の年代設定を行う。設定としては、導入教育であれば小学生・中学生、実践教育・受験対策であれば高校生、高等専門教育や資格試験対策であれば大学生・大学院生・社会人等が対象となる。その他、③無機化学や有機化学分野等のように専門性を重視するか、環境科学分野等のように分野横断的な内容にするかを検討する。これに加え、非常に重要な要素であるが、④そもそもゲームとして面白いか等の視点に立ったルールやシステムの改定を含めたゲーム性の向上を図る。上記の改良の手順を以下の図にまとめた(図3)。

以上、上記の3)(実践)及び4)(改良)を繰り返し、日本人向けにアップデートされた教育(学習)ゲームの開発を行う。

本報告におけるゲームの改良にあたっては、卒研生が過去に高校で所属していた科学部でのテストプレイの実施、またその後



図 3. ゲーム改良の手順

とができた。これに加えて本学付属校の化学部でも同様のテストとアンケート調査ができたのでその結果をゲームの改良に反映させた。アンケート内容を図 4 に示す（質問項目に関しては両方で若干の違いはあ

るがほとんど同じ内容なので付属校で使用したものを示す)。アンケートの取得に際しては、各部に所属する対象者となる生徒だけでなく顧問の先生にも本研究の目的と内容を、個人名が第三者に特定されることが無いこと（無記名）等を加えて説明し、その同意を得た。また最終的に完成したゲームの外部評価として国立研究開発法人・科学技術振興機構（JST）主催の科学系イベントであるサイエンスアゴラ（2017 年度に参加，<https://www.jst.go.jp/sis/scienceagora/>）に開発したゲームを出展した。その際来場者にゲームに関するアンケート調査を行った。その内容を以下に示す（図 5）。アンケートの取得に際しては先のものと同様に、来場者に本研究の目的と内容を、個人名が第三者に特定されるこ

2017年3月21日 (火)

\*「有機合成カードゲームをやってみて」のアンケート\*

- カードゲームをやる前の「化学」への興味  
① かなりある ② ある ③ 少しある ④ ない  
回答 ( )
- ゲームをした後の「化学」への興味  
① かなりある ② ある ③ 少しある ④ ない (変化なし)  
回答 ( )
- カードゲームの楽しさ  
① 面白い ② 普通 ③ 面白くない ④ ちうやりたくない  
回答 ( )
- 仮に授業で行った場合、どう思うか?  
① 楽しそう ② 普段と特変わらない ③ つまらない  
回答 ( )
- カードゲームを部活動に取り入れ、さらに改良したいか?  
① やりたい ② 一度くらいならやってもいい ③ やりたくない  
回答 ( )
- カードゲームを自分(個人)でさらに改良したいか?  
① やりたい ② 一度くらいはやってもいい ③ やらない  
回答 ( )
- 感想・意見があれば書いてください (自由記述欄)

以上

図 4. アンケート用紙 (付属校用)

平成29年11月25・26日

サイエンスアゴラ2017 アンケートのお願い

日本大学理工学部 化学教材研究会 ブースへのご来場 ありがとうございます。

ゲームの感想をぜひお聞かせ下さい。今後の研究活動の参考にさせていただきます。

- 性別を教えてください。  
① 男性 ② 女性 ③ その他
- 年代を教えてください。  
① 未就学児 ② 小学生 ③ 中学生 ④ 高校生 ⑤ 大学生 ⑥ 大人
- 理科・科学は好きですか?  
① すごく好き ② すき ③ ふつう ④ くらい ⑤ すごく嫌い
- このカードゲームは楽しかったですか? (複数回答可)  
① おもしろかった ② ふつう ③ おもしろくない  
④ むずかしかった ⑤ かんたんだった
- スタッフの対応はどうでしたか? (複数回答可)  
① 分かりやすかった ② ていねいだった ③ ふつう ④ 分かりにくかった
- その他ご意見がありましたらご記入お願いします。

ご協力ありがとうございました。

図 5. アンケート用紙 (サイエンスアゴラ用)

とが無いこと(無記名)等を加えて説明し、その同意を得た。

### 3 結果と考察

始めに、先に示した「方法」に従って卒研究生と共に進めたゲーム開発の過程を結果として記載する。

最初に先の手順に従い、卒研究生へいくつかの論文を提示したところ Farmer らのものを選択したので協同での論文読解及び記載されていたゲームの再現を行った。その過程で、卒研究生は日本人の学修者(高校生を中心に、中学生や可能であれば小学生も含む)向けに「合成ドミノ」を改良することを提案してきた。そこでそれを基に、まずは両カードの官能基名を英語表記から日本語表記へ変更することから始めた。また、反応剤カードに記載されている有機反応が大学レベルの教科書(マクマリー有機化学)からの引用であったので、それを日本の高校で使用する一般的な化学の教科書(実教出版・啓林館・数研出版・第一学習社・東京書籍)から引用することとした。加えて両カードの同じ官能基の構造を同じ色で色付けしてそのつながり方を簡単にイメージできるようにした。他方ルールに関して基本ルールは変更せず、合成ドミノ特有のものはわかりやすくまた簡略化するため、始めに反応剤カードと官能基カードの大きさを一緒にし、それらを混合してプレイヤーに配布することとした(配布枚数はプレイヤー数に応じて任意とし、必ず山札ができるようにする)。次に、ゲーム終了に関する事項は変更しないが、手札にある反応剤カードを1点、利便性の高い官

能基カードは2点とカウントすることとし、1ゲーム終了時に集計して勝敗を決めるルールとした(以上を「改訂版ルール」とする)。以上、制作したゲーム(改良版ゲーム①)を図6に示す。次の段階として卒研究生は同学科の同級生や後輩と改良版ゲームをプレイし、その問題点の洗い出しを行った。また外部評価の取得として卒研究生が出身校で所属していた科学部でのテストプレイの実施及びゲームに関するアンケートを取り、その自由記述欄の意見(表1:改良版ゲーム①を用いたテスト、特に★の意見を参照)を基に、更なる改良を行った。具体的には両カードの同じ官能基の構造式に背景の図を加えて色付けし、そのつながり方をさらに明確化する改良を施した(図6:改良版ゲーム②)。引き続き、改良版ゲーム②を用いてテストプレイを

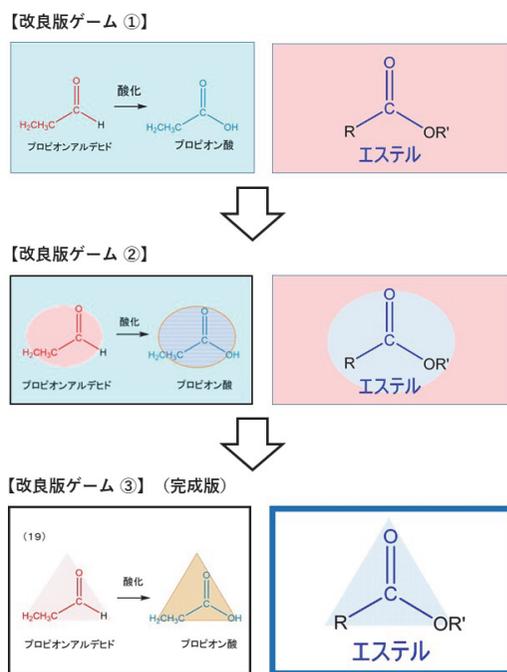


図6. ゲーム改良の変遷

行ったところ、予想通り「連結」のわかりやすさが向上したという意見が多くなった(表1:改良版ゲーム②を用いたテスト)。しかしながら、特定のカードに関しては「見やすさ」の点で問題が残ったので、印刷する用紙を白地に変更して官能基の形と目印である色がよりわかりやすくなるデザインへ変更した(図6:改良版ゲーム③)。最後に、ゲーム制作の最終段階として改良版ゲーム③を用い、本ゲームの利用者として想定した高校生(対象は本学付属校の化学部所属生徒)にゲームのテストプレイを実施した。その結果、仕様に関して若干の問題点は残ったが概ね高評価が得られた(表1:改良版ゲーム③を用いたテスト(高

校生))。そこでこれを完成版とし、そのゲーム名を「有機合成化学カードゲーム: *Connected Synthesis*」とした。本ゲームは、反応剤カード48種類及び官能基カード15種類で構成されており、先に示した改訂版ルールでゲームが実施される。完成版ゲームの概要解説図を以下に示した(図7)。

今回、ゲーム開発を行った卒研究生はコンピュータリテラシーが非常に高く、教員からの簡単な指示と提案でMicrosoft Office (Word, Excel, PowerPoint) や ChemDraw (PerkinElmer, 化学構造式描画アプリケーション) 等を駆使し、デジタルデータでのカード制作を自律・自走的に進めていった。このことからゲーム制作においては、リテ

表1. テストプレイにおける自由記述欄の意見

**改良版ゲーム①を用いたテスト**

配置がつまってしまうときにわかりにくくなってしま(高校1年生)  
形がちがくてもつながるときに説明があるとうれしいです(高校1年生)  
場所をとるので、形状の変化をした方が良いと思います(高校1年生)  
★色が似ていたのもう少し区別がついた方が分かりやすいです(高校1年生)

**改良版ゲーム②を用いたテスト**

色で分かりやすく、楽しくできておもしろいと思いました(中学生)  
このようなカードゲームだったら、難しそうなものもおぼえられそうだと思います(中学生)  
まだ習っていませんが、色や記号があったのでわかりやすかったです(中学生)  
物質の名前は憶えられたかどうか分かりませんが、色で判断して楽しくやることができました(高校1年生)  
ゲームをやっていると自然と物質名を口に出すので印象に残りました(高校1年生)  
前回よりも色やようが分かれていて分かりやすかったです(高校1年生)  
★ニトリルが少し見えづらかったです(高校1年生)  
前回よりも色がはっきりしていてわかりやすかったです(高校1年生)

**改良版ゲーム③を用いたテスト(高校生)**

化学を知らなくても簡単に取られるのは良いと思うが、少し運の要素が強すぎるのではないかと思う  
分子式などに詳しくなくてもできるので楽しかった  
使われている化学記号が難しかった  
私には難しかったと思う  
部活でぜひやりたいと思った  
高2, 3の授業で習う所なのでとても勉強になりました  
ものによって時間がたつよりすぎてしまうの面白いけどもう少しやりたいが楽しく感じ  
少しずつやり方を攻略していけば楽しくできると思いました  
盛りあがるし楽しいと思った  
★最初のカードによっては詰むけどそれもまたおもしろかった  
★最初のカードによって長く続くゲームもあれば早く終わるゲームの差が大きいのがそれを含めて楽しい  
★ベンゼンとニトリルは出す場面が少ない  
解説を表に書いたり1つ1つ特長が分かると良いと思う  
一部の官能基は最初に出ると全く進まなくなるので対応する化合物の種類、数を増やす等が必要と思われる

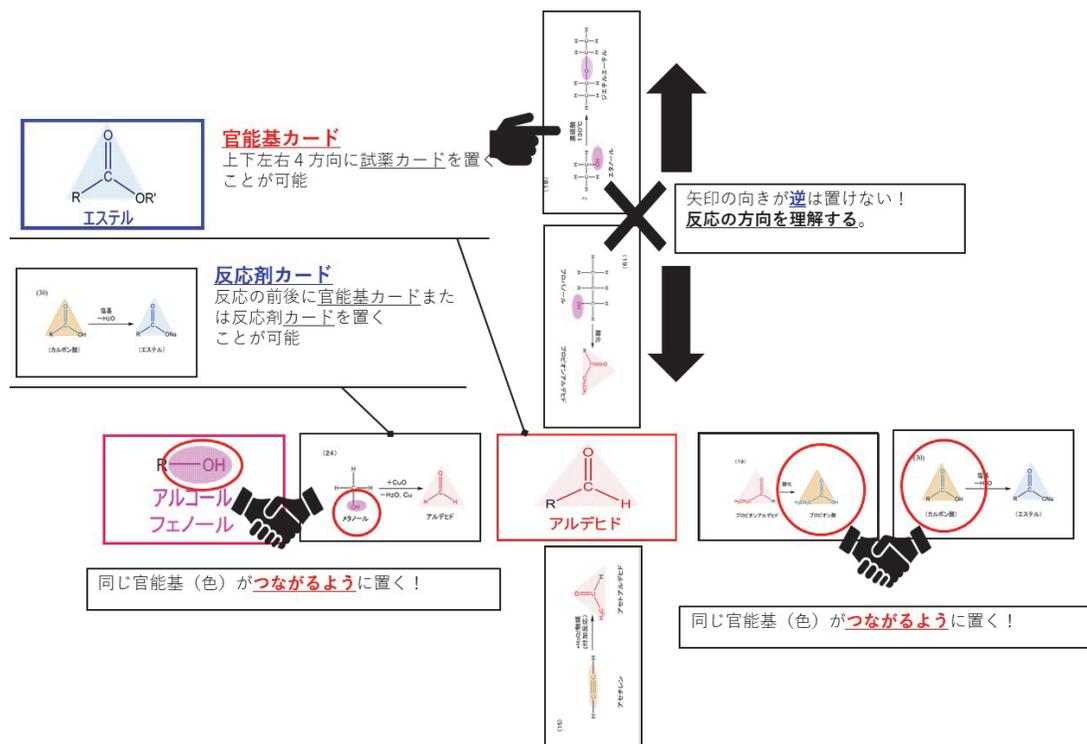


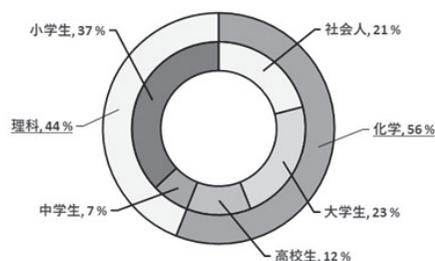
図7. 有機合成化学カードゲーム: *Connected Synthesis* のゲーム概要

ラシーやその応用力の高さが重要であることが改めて認識された。また、制作に関する具体的なスケジュールとしては、毎週1回の進捗状況等に関する報告会の実施(約90分程度で大学の1時限分に相当)を基本とし、問題が生じた場合はメール等を利用した意見交換、時間割の空いた時間帯を利用したゲームの印刷やその実践・改良を行った。このようなスケジュールのもと、約3ヶ月(およそ半期分に相当)間でゲームの完成に至った。

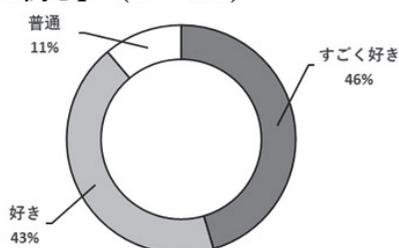
最後に、卒業研究終了後の翌年度に完成版ゲームをサイエンスアゴラへ出展し、ゲームプレイ後にアンケート調査を実施して幅広い年代からの外部評価を得た。その際、元・卒研生(卒研生は卒業後日本

大学理工学部物質応用化学科に編入)は同級生等らと共に「日本大学理工学部化学教材研究会(現日本大学・化学教材研究会: <https://chemworkshopst.wixsite.com/mysite>)」という名称のサークルを自主的に立上げ、数名のメンバーと共にブース設営及びゲームの体験会を実施した。本イベントの目的は、あらゆる人に開かれた科学と社会をつなぐ広場を作り、「社会とともにある科学」と「科学とともにある社会」の実現を目指すもので、科学分野の技術や最新情報に興味がある来場者が多い特徴をもつ。先のアンケートから得られたデータの集計結果を図8に示す。主な項目は、①ゲームの体験者の年代(年代別の履修科目名を併記)、②その中での科学への関心度及び③ゲー

## 【体験者の年代】 (n = 115)



## 【科学への関心】 (n = 115)



## 【ゲームの感想】 (n = 115, 複数回答)

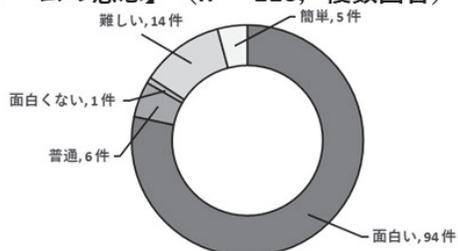


図 8. アンケートの集計結果

ムの感想である。また、各年代別の自由記述欄を表 2 にまとめた。集計結果からはゲームの体験者が、科学への関心が高い幅広い層であったことが判る(本イベントの特性が反映されている)。またこのような属性をもつ層 (n = 115) からのゲームの感想として、複数回答可能な条件において 94 件で「面白い」と評価された。加えてアンケートの自由記述欄の記載からは、本ゲームがもつ高い学習効果、またその利用を通した導入教育や今後の展開への期待等が読

み取れる。一方、ゲームの制作者である卒業生にとってこのような大規模イベントへの参加はその対外的な評価において一喜一憂するものがあつたようだが、制作及び発表への大きなモチベーションの向上につながるようであった。これより、ものづくりの現場体験だけでなく、制作物を対外的に発表する場がもつ教育効果の重要性が改めて認識された。以上の過程を振り返って考えると、ゲームを利用する学修(学習)においてその制作者はプレイヤーがゲームプレイによって得られる知識の正確性を担保することを求められるため(外部評価時に間違い等を指摘される)、制作プロセスの実施は制作者自身の基礎学力を必然的に高める効果があると考えられる。ここで、このプロセスが制作者にとって興味を刺激するもの、または自己の欲求を満たすものであれば、それは意欲的に実行されるようである。つまり条件さえ整えば、ゲーム制作自体がアクティブ・ラーニングになると考えられる。以上の点に関する調査及び研究を今後も継続して行う予定である。

## 4 おわりに

本報告では、高校生向けの有機化学の学修(学習)に利用可能なカードゲームの提案と、今後の教育現場への活用が可能なゲーム制作に関する詳細な過程をその事例として紹介した。先にも示したが、教育(学習)ゲームの実施はアクティブ・ラーニングであり、これは平成 29 年度 3 月に公示された新学習指導要領における「主体的・対話的で深い学び」と同義、またはこの概念の土台となることが論文等で解説されて

表2. アンケートにおける自由記述欄

## 社会人からの意見

科学(化学)に興味を持つ入口としてすばらしいアイデアですね。  
 難しい化学式にとりかかるのにいいアイデアだと思いました!  
 化学系の大学生は特に盛り上がると思います。  
 高校生も有機を学んだあとは楽しめそうです。  
 ゲームが入手できると良いと思います。  
 向きがどちらでもいいんですけど決まっているので「え?」と思いました。  
 難しいけど面白い。  
 ゲームを利用することで子供が興味をもてるのでとても良かったです。  
 カードの大きさをもう少し大きくしたらどうでしょう。  
 内容をもう少しシンプルにできないでしょうか。  
 化学式がかいてあってとっつきにくそうだけど、子供は何も気にせずゲームとして楽しんでいたのですごい良かったです。

## 大学生からの意見

アプリケーション化すると面白そうです!  
 同じカルボン酸でも化合物によって違うといった説明があるとなおわかりやすい。  
 つんでしまうことがゲームとして少しいまいちです。  
 理科・科学・化学など難しい印象を与えがちですが、ゲーム感覚でまず触れてみるのができ、結果「実は面白いかもしれない」と思ってもらえそうで素敵です。  
 カードゲームのルールと言えばルールだが、カードの関係性、位置、矢印の向きがモヤモヤした。  
 官能基を楽しく勉強できて良いと思いました。  
 文系でも楽しめました。

## 高校生からの意見

色分けされていてわかりやすい。  
 有機化学習ったらまたやってみたいです。

## 中学生からの意見

矢印の向きは分からなかったのですが、このゲームは面白かったです。

## 小学生からの意見

大会みたいなものをやりたい。  
 商品化してください。  
 もっとあがりやすくしてほしい。  
 もっと手札が多い方が楽しめると思います。

いる<sup>25,26</sup>。この「主体的・対話的で深い学び」の本質は学修活動を通して主体的に学ぶ学修者の思考を活発に機能させることであり、これが実現されれば教師主導の学修から学修者中心の学修への転換が図られる、と考えられている。より具体的には、学修者は問題がある状況に直面するとその解決を図るために仮説を導き、アイデアを見出して活動展開を自己決定するようになる、と考えられている。本研究で提案した教育分野の科学英語論文から発展させるゲーム開発はアクティブ・ラーニングの一つであることから、今後先の概念を実現するための一助になることが期待される。

## 参考文献

1. E. Triboni and G. Weber, "MOL: Developing a European-Style Board Game To Teach Organic Chemistry", *J. Chem. Educ.*, **95**, 791-803 (2018).
2. N. Dietrich, "Chem and Roll: A Roll and Write Game To Illustrate Chemical Engineering and the Contact Process", *J. Chem. Educ.*, **96**, 1194-1198 (2019).
3. K. S. Tekinbas and E. Zimmerman, "Rules of Play: Game Design Fundamentals", The MIT Press (2003).
4. (3の訳書) K. S. Tekinbas and E. Zimmerman (山本貴光(翻訳)), "ルールズ・オフ・プレイ (上) ゲームデザインの基礎", ソフトバンククリエイティブ, 2011年

5. 藤本徹・森田裕介, “ゲームと教育・学習”, ミネルヴァ書房, 2017年
6. 泉美貴・小林直人, “アクティブ・ラーニングとは(総論)”, 薬学教育, 第3巻, 2019年
7. 山内裕平, “教育工学とアクティブラーニング”, 日本教育工学会論文誌, 42(3), 191-200 (2018).
8. 福山佑樹・山田政寛, “高等教育におけるアクティブラーニング実践研究の展望”, 日本教育工学会論文誌, 42(3), 201-210 (2018).
9. D. Follows, “A Versatile Puzzle for Use as a Teaching Aid in Organic Chemistry at Secondary School”, *J. Chem. Educ.*, **87**, 405 (2010).
10. S. G. Cady, “Elements Are Everywhere: A Crossword Puzzle”, *J. Chem. Educ.*, **89**, 524-525 (2012).
11. V. Martí-Centelles and J. Rubio-Magnieto, “*ChemMend*: A Card Game To Introduce and Explore the Periodic Table while Engaging Students’ Interest”, *J. Chem. Educ.*, **91**, 868-871 (2014).
12. T. Pippins, C. M. Anderson, E. F. Poindexter, S. W. Sultemeier and L. D. Schltz, “Element Cycles: An Environmental Chemistry Board Game”, *J. Chem. Educ.*, **88**, 1112-1115 (2011).
13. N. Dietrich, “Escape Classroom: The Leblanc Process-An Educational “Escape Game””, *J. Chem. Educ.*, **95**, 996-999 (2018).
14. S. C. Farmer and M. K. Schuman, “A Simple Card Game To Teach Synthesis in Organic Chemistry Courses”, *J. Chem. Educ.*, **93**, 695-698 (2016).
15. デザセン (探求型学習の成果発表全国大会, 主催: 東北芸術工科大学) 2010 入賞作品: <https://www.tuad.ac.jp/dezasen/works/2010/w006.html>
16. 渡辺尚, “世界を見据えた理科教育—普通高校・化学部での取り組み”, 未来材料, 12(12), 53-57 (2012).
17. 有機大富豪 Organic President の紹介及び販売のホームページ: [https://explayin-boardgame.com/organic\\_president/](https://explayin-boardgame.com/organic_president/)
18. J. M. Carney, “Retrosynthetic Rummy: A Synthetic Organic Chemistry Card Game”, *J. Chem. Educ.*, **92**, 328-331 (201).
19. C. A. Knudtson, “ChemKarta: A Card Game for Teaching Functional Groups in Undergraduate Organic Chemistry”, *J. Chem. Educ.*, **92**, 1514-1517 (2015).
20. M. Camarca, W. Heuett and D. Jaber, “*CHEM-Compete-II*: An Organic Chemistry Card Game To Differentiate between Substitution and Elimination Reactions of Alcohols”, *J. Chem. Educ.*, **96**, 2535-2539 (2019).
21. 杉谷修一, “学習ツールとしてのゲーミフィケーションの可能性”, 西南女学院大学紀要, 22, 71-79 (2018).
22. 青江麻衣・朴炫宣・安原智久・串畑太郎・上田昌宏・永田実沙・江崎誠治, “薬学部初年次学生に対するゲーミフィケーションを活用した有機化学教育の実践とその評価”, 薬学教育, 第4号, 2020年
23. 青江麻衣・江崎誠治・朴炫宣・渡部勇実・田中静吾・西中徹, “ゲーミフィケーションを活用した科目分野横断的教育の試みとその評価”, 薬学教育, 第4号, 2020年
24. 田村翔太・久保田善彦, “環境ゲーム作製における学習効果の研究”, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 2, 255-258 (2016).
25. 木村光男, “「主体的・対話的で深い学び」の本質—総合的な学習の時間を通して”, 常葉大学教育学部紀要, 第38号, 159-169 (2017).
26. 榊原岳, “「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた現実と課題”, 日本大学大学院総合社会情報研究科紀要, 20, 297-307 (2019).

## 凡 例

1. この一覧表は日本大学理工学部及び短期大学部（船橋校舎）一般教育教室の教員の研究業績を発表形式別に採録したものである。
2. 論文等，口頭発表，著書について2021年4月1日より2022年3月31日までの業績を記してあり，その記載法は次のとおりである。
  - i) 論文等（A. 論文・研究ノート，B. 翻訳・翻刻・評論・解題，C. その他）
    - ①筆者名 ②題名 ③掲載誌名 ④巻，号，頁 ⑤掲載年月（〔 〕内に示す）
  - ii) 口頭発表 ①発表者名 ②題名 ③発表学会名 ④発表年月（〔 〕内に示す）
  - iii) 著 書 ①著者名 ②書名 ③発行所名 ④発行年月（〔 〕内に示す）
3. おのおの発表形式においては，分野別研究者五十音順とし，連名の場合は主たる者に○印を付した。
4. 申し出のあったものだけに限り掲載した。

### < 論 文 等 >

#### A. 論文・研究ノート

天 野 聖 悦	秘密特許制度について －憲法的視点から－	日本大学理工学部一般教育教室彙報 第110号，pp.11-22	[21. 4]
岸 規 子	田山花袋『残る花』 －お糸を取り巻くもの－	花袋研究会々誌 第38号，pp.1-12	[21. 6]
岸 規 子	明治三十年代の「女中」像 －田山花袋『家婢』『胡瓜』を中心－	解釈 第68巻 一・二月号，pp.2-11	[22. 2]
郭 海 燕	近代中朝宗藩関係の実像：朝鮮首批 軍工留学生研究 (近代中朝宗藩関係の実像：中国 における朝鮮初の軍事留学生に関 する研究)	『安徽史学』 2022年(第2号)，ISSN1005-605X， pp.137-148	[22. 3]
時 田 伊津子	オンデマンド授業における学生の取 り組みと意識 －ドイツ語科目でのアンケート結 果に基づいて－	桜門ドイツ文学会『リュンコイス』 第55号，pp.1-20	[22. 3]
○安 住 文 子 服 部 英 恵 重 城 哲	スキー実習参加学生による授業評価 について	日本大学理工学部一般教育教室彙報 第111号，pp.7-16	[21.10]
三 井 梨紗子 北 村 勝 朗 水 落 文 夫	評定競技におけるエキスパートコー チのコーチング方略：アーティス ティックスイミングの事例的検討	アプライドスポーツサイエンス Vol.1，pp.1-10	[21. 9]
三 井 梨紗子 北 村 勝 朗 水 落 文 夫	アーティスティックスイミングにお けるエキスパートコーチの技術指 導：コーチの語りとエピソード記 述による事例的検討	コーチング学研究 Vol.35(第1号)，pp.91-102	[21. 9]

- |  |   |   |         |
|--|---|---|---------|
| 北徹朗<br>小林勝法<br>北村勝朗<br>中山正剛<br>田原亮二<br>平工志穂  | DXによる大学体育の未来:カリキュラム開発と授業・組織運営改革   | 大学教育学会誌<br>Vol.43 (第2号), pp.114-118   | [21.12] |
| 梅崎高行<br>北村勝朗<br>中山雅雄<br>杉山佳生   | 実行機能と選手評価の関連:フットサル競技における検討  | 健康科学<br>Vol.44, pp.95-106   | [22. 3] |
| 服部英恵<br>北村勝朗<br>(Co-first authors:<br>共同第一著者)                                      | 大学スキー実習受講者の感覚のズレに焦点を当てた体験学習の質的分析  | スキー研究<br>Vol.18 (第1号), pp.38-47   | [22. 3] |
| ○西田順一<br>木内敦詞<br>中山正剛<br>難波秀行<br>園部豊人<br>西脇雅穂<br>平工志穂<br>中田征克<br>西垣景太<br>小田林雄亮     | 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)流行下における「オンデマンド型」大学体育実技授業の学修成果に影響を及ぼす要因の検討:運動行動変容ステージに注目して | 大学体育スポーツ学研究<br>Vol.19, pp.1-14  | [22. 3] |
| 黒田友紀   | 米国における学校改善と「社会性と情動の学習」  | 「社会情緒的(非認知的)能力の発達と環境に関する研究:教育と学校改善への活用可能性の視点から」(学校改善絵チーム)中間報告書(米国・中国調査) pp.3-26 | [21. 8] |
| 山下晃一<br>黒田友紀<br>高橋望<br>鄭修娟<br>高野貴大   | 「教師であること」を支える制度的基盤の多国間比較へ向けて  | 教育制度学研究<br>第28号, pp.245-251   | [21.10] |
| 黒田友紀<br>五十嵐司<br>高橋護<br>辻田大   | 授業におけるICTの活用とこれからの教育  | 教職研究・実践紀要<br>第5号, pp.61-71  | [22. 2] |
| 黒田友紀   | ケアリング・ラーニング・コミュニティの形成と学校改革  | 武蔵大学人文学会雑誌<br>第53号, pp.99-120   | [22. 2] |
| 黒田友紀   | 米国における公正と優秀性を追求する米国の公立学校改革  | アメリカ教育研究<br>第32号, pp.1-17   | [22. 2] |
| Roland Sztalmari<br>Zoltan Halasz<br>Akio Nakahara<br>So Kitsunozaki<br>Ferenc Kun | Evolution of anisotropic crack patterns in shrinking material layers            | Soft Matter<br>Vol.17 (第44号), pp.10005-10015                                    | [21.11] |



北 徹 朗 小林 勝 法 北 村 勝 朗 中山 正 剛 田 原 亮 二 平 工 志 穂	DXによる大学体育の未来:カリキュラム開発と授業・組織運営改革大学教養体育の新しい授業デザイン	大学教育学会 第43回大会 ラウンドテーブルディスカッション 話題提供者. オンライン開催	[21. 6]
○Katsuro Kitamura Dexia Yin	Effect of STEAM education on physical education classes and student's creativity improvement	AIIESEP (International Association of Physical Education in Higher Education) International Scientific Conference (Virtual Conference)	[21. 6]
○Katsuro Kitamura Toshiro Izumi	A case study of the athlete-coach relationship between an expert junior coach and elite junior athlete	ECSS (European college of sport science) Congress 2021 (Virtual Conference)	[21. 9]
○Izumi T. Sekine Y. Kitamura K. Watanabe S.	Linear relationship between the heart rate and rating of perceived exertion during graded pedaling exercise	ECSS (European college of sport science) Congress 2021 (Virtual Conference)	[21. 9]
Katsuro Kitamura	Coaching Ladder from a Graduated Hierarchical System for Developing Practical Coaching Ability	The 15 <sup>th</sup> International Society of Sport Psychology World Congress (Virtual Conference)	[21.10]
○Katsuro Kitamura Ayako Azumi	Analyzing a Kendo Master's Psychological Bargaining through the Stimulated Recall Method	The 15 <sup>th</sup> International Society of Sport Psychology World Congress (Virtual Conference)	[21.10]
○Katsuro Kitamura Hanae Hattori Akira Jujo Ayako Azumi Takahiro Nagayama	In What Context Does Performance Anxiety Originate in Novice Ski Learners and How Is It Dealt With?	The 15 <sup>th</sup> International Society of Sport Psychology World Congress (Virtual Conference)	[21.10]
○三 井 梨紗子 北 村 勝 朗 水 落 文 夫	評定競技におけるエキスパートコーチのコーチング方略:アーティスティックスイミングの事例的検討	日本スポーツ心理学会 第48回大会	[21.11]
難 波 秀 行 山 田 陽 介 伊 達 平 和 北 山 忍 木 村 みさか 藤 田 裕 之	COVID-19による緊急事態宣言下における身体活動変化と心理社会的要因	日本体力医学会	[21. 9]
難 波 秀 行	授業者からみたコロナ禍に行われた遠隔による大学体育実技の教育効果の検証	日本大学 Web 研究発表会	[21.12]
黒 田 友 紀	米国における社会情緒的な能力の育成と学校改善 -学校風土研究に焦点をあてて-	日本比較教育学会 第57回大会	[21. 6]
黒 田 友 紀	ダン・ローティ『スクールティーチャー:社会学的考察』を起点とする研究の現在:『スクールティーチャー』以後の現代的な問題	日本教育学会 第80回大会	[21. 8]

黒田友紀	コロナ状況下における授業研究会 —全国の学校の動向から— オンライン授業研の事例4: 複数 機器の接続による授業研究の可能 性	日本教師教育学会 第31回大会	[21.10]
○宮古紀宏 黒田友紀	米国の学校アカウントビリティにお ける「学校風土」の測定—学校パ フォーマンスとしての「社会性と 情動の学習」への着目	日本教育制度学会 第28回大会	[21.11]
久保田直樹	Strict comparison for the Lyapunov exponents of the simple random walk in random potentials	無限粒子系、確率場の諸問題 XVI	[21.10]
久保田直樹	Strict comparison for the Lyapunov exponents of the simple random walk in random potentials	The 19 <sup>th</sup> Symposium “Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems”	[21.12]
久保田直樹	Strict comparison for the Lyapunov exponents of the simple random walk in random potentials	Workshop on Probabilistic Methods in Statistical Mechanics of Random Media and Random Fields 2022	[22. 1]
○堀江宏太 島尻元裕 坂元啓千 系井千岳	ランダム横磁場摂動を加えたランダ ムボンド Ising 模型	日本物理学会 2021 年秋季大会	[21. 9]
○島尻裕巳 堀江元宏 坂元啓千 系井千岳	ランダムボンド Ising 摂動を加えた ランダム横磁場スピン模型	日本物理学会 2021 年秋季大会	[21. 9]
Yoshinori Sakamoto	Expansions for energy eigenstates in the Edwards-Anderson model perturbed by random transverse fields and random bond XY interactions	2021 年度 RIMS 共同研究 (公開型) 「厳密統計力学および関係する話 題」	[21.11]
○島尻裕巳 坂元啓千 系井千岳	厳密摂動論によるランダム横磁場 Edwards-Anderson 模型の解析	令和3年度第65回理工学部学術講 演会	[21.12]
○堀江宏太 系井千岳 坂元啓千	厳密摂動論によるランダムボンド Heisenberg 模型の解析	令和3年度第65回理工学部学術講 演会	[21.12]
○石森大翔 佐藤元洗 系井元啓千 鈴木徳一	横磁場 SK 模型における RSB 存在定 理の拡張	日本物理学会 第77回年次大会	[22. 3]
鈴木徳一	The concepts of complex network advance understanding of earthquake science II	37 <sup>th</sup> General Assembly of the European Seismological Commission, ESC2021, 19-24 September 2021	[21. 9]
馬場原明 中村松且	ペーストに混合させた高分子の糖類 がメモリー効果に及ぼす影響	日本物理学会 2021 年秋季大会	[21. 9]

- |  |  |  |                |         |
|--|--|--|----------------|---------|
| 伊藤伸一<br>中原明生<br>湯川愉  | 乾燥亀裂パターンの動的統計則に現れる相転移的性質   | 日本物理学会   | 2021 年秋季大会     | [21. 9] |
| ○藤井洸気<br>伊藤賢一<br>谷川実<br>東翔子<br>西村克史  | 野外から単離した微細藻類による生物変換  | 日本農芸化学会  | 2022 年度大会      | [22. 3] |
| ○小泉公志郎<br>石川嘉崇   | 石炭ガス化スラグ骨材の化学的基礎検討   | セメント協会   | 第 75 回セメント技術大会 | [21. 5] |
| Hideki Kimukai<br>Koshiro Koizumi<br>Kazunori Yamada<br>Toshihiko Hiaki<br>Koichi Metori   | Analysis of styrene oligomers derived from drifting polystyrene degradation surround Hawaii  | The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem2021) |                | [21.12] |
| ○Katsuhiko Saido   |  |  |                |         |
| ○Hideki Kimukai<br>Masaki Okada<br>Koshiro Koizumi<br>Toshihiko Hiaki<br>Seon-Yong Chung<br>Katsuhiko Saido  | Analysis of chemicals derived from drifting plastic degradation in USA west coast            | The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem2021) |                | [21.12] |
| ○Koshiro Koizumi<br>Hideki Kimukai<br>Bum Gun Kwon<br>Masaki Okada<br>Hideto Sato<br>Katsuhiko Saido   | Low temperature degradation of plastics  | The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem2021) |                | [21.12] |
| Koshiro Koizumi<br>Hideki Kimukai<br>Hideto Sato<br>Masaki Okada<br>Kazunori Yamada<br>Bum Gun Kwon<br>Kohei Takatama                                  | Drifting plastic degradation from around Japan to North Pacific Ocean                        | 2022 Ocean Science Meeting   |                | [22. 2] |
| ○Katsuhiko Saido   |  |  |                |         |
| Hideki Kimukai<br>○Koshiro Koizumi<br>Masahiko Nishimura<br>Kazunori Yamada<br>Bum Gun Kwon<br>Sarah-Jeanne Royer<br>Kohei Takatama<br>Katsuhiko Saido | Diffusion derived from plastic degradation from around Japan to the North West Pacific Ocean | 2022 Ocean Science Meeting   |                | [22. 2] |



### 編集規定

1. 本誌は、日本大学理工学部一般教育教室の機関誌であり、その目的を本学部と短期大学部（船橋校舎）に所属する教員の学術研究発表とする。
2. 本誌の発行は、年度内2回とする。
3. 本誌には、論文、研究ノート、依頼論文および研究動向の各欄を設ける。
4. 論文・研究ノートは査読制とする。
5. 掲載は編集委員会の決定による。
6. 彙報に掲載された論文・研究ノートは、本教室のウェブサイト上において公開する。

### 投稿規定

1. 投稿者の1人は、原則として本学部と短期大学部（船橋校舎）に所属する専任教員（特任教授を含む）とする。ただし、編集委員会が特別に許可した者は投稿を認めることができる。
2. 投稿する論文等はいずれも他に未発表のものに限る。ただし、口頭発表およびその配布資料はこの限りではない。
3. 投稿は1人1編とする。
4. 掲載決定後の加筆、訂正は原則として認めない。
5. 投稿者は、編集委員会に①投稿原稿（英文の題目・氏名を付けたもの）、②邦文要旨（600字以内）、③投稿者連絡票を提出する。  
注. 原則として電子ファイルで提出すること。
6. 原稿は下記の執筆要領に従うこと。

### 執筆要領

1. 原稿は、A4用紙を用い、原則として横書きとする。
2. 本文・図・表・注・引用文献を含めて、下記のレイアウトで10ページ以内とする。
3. 和文一段組 1ページ 1行40字×36行、1文字10.5ポイントとする。  
二段組 1行19字×36行×2段、1文字10.5ポイントとする。
4. 欧文 本文が横15センチ×縦20センチ、1行16ポイント、1文字10.5ポイントとする。
5. 図・表は、論文原稿末尾に貼り付け、本文中に挿入箇所を指定する。
6. 注および引用文献の表示は下記の通りとする。
  - (1) 引用文献は通し番号をつけ本文の後にまとめて記載する。  
本文中の参照個所に文献の番号を記載する。
  - (2) 各文献は、「著者名・編者名」「引用論文図書名」「出版社・発行地」「発行年」「ページ」を記載する。
  - (3) 欧文の場合、著者名は立体、書名は斜体にすること。
7. 表題等の文字の大きさは例文を参照すること。

### 編集委員（五十音順）

委員長	勢力尚雅 (Nobumasa SEIRIKI)	
委員・幹事	中原明生 (Akio NAKAHARA)	
委員	伊豆原月絵 (Tsukie IZUHARA)	郭 海燕 (Haiyan GUO)
	北村勝朗 (Katsuro KITAMURA)	鈴木 孝 (Takashi SUZUKI)
	村上雅彦 (Masahiko MURAKAMI)	山崎 晋 (Susumu YAMAZAKI)
事務局	杉友隆之 (Takayuki SUGITOMO)	

### 一般教育教室彙報 第113号

発行日 令和5年4月30日  
 発行者 日本大学理工学部 一般教育教室  
 勢力尚雅  
 印刷者 日本フィニッシュ株式会社  
 高橋嘉久

BULLETIN  
OF  
DEPARTMENT OF GENERAL EDUCATION  
COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
NIHON UNIVERSITY  
No. 113

---

CONTENTS

**Articles**

Raising Predicates as Modal Verbs ..... Daigo AKIBA ..... 1

**Monograph**

Development of a Card Game for Learning Synthetic Organic Chemistry Based on  
Scientific English Papers in the Field of Education  
..... Ken-ichi ITOH, Rina ABE ..... 11

**A List of Recent Studies** ..... 23

**Grant-Aided Research** ..... 31

---

April, 2023