

令和 6 年 5 月 1 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05415

研究課題名(和文) 生物活性ハイブリッド分子の創製を指向したアゾメチンイリドを用いる立体多様性合成

研究課題名(英文) Stereodivergent synthesis of potential biologically active hybrid molecules using azomethine ylides

研究代表者

福澤 信一 (FUKUZAWA, SHINICHI)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：50173331

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：独自のキラル銀錯体を触媒に用いて、環状イミノニトリルと α -エノンとの反応を行うと共役付加反応が収率良く進行し、単一のジアステレオマーが最大97% eeで生成する。生成物は水素還元され対応するスピロピペリジンが合成できた。グリシンイミノエステルと α -アルキリデンコハク酸イミドとの不斉(3+2)環化付加反応で、高い立体選択的に光学活性スピロピロリジン α -endo-(2,5-シス)環状付加物として得ることに成功した。これらの反応の収率や立体選択性に対するアゾメチンイリド前駆体やアルケンの置換基の電子および立体化学的影響は限定的であり多種多様の反応基質が使用できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

二つ以上の異なる生物活性部位を組み合わせることで新たな生物活性分子を探索する分子のハイブリッド化が注目されている。1,3-双極子環化付加反応の立体化学の制御はハイブリッド分子の立体多様性合成へとつながり、医薬品の発見確率が向上できる。本研究では、独自のキラル銀錯体触媒を用いることで、鎖状および環状アゾメチンイリドと活性アルケンとの共役付加および1,3-双極子環化付加反応により多置換スピロピロリジンの高立体選択的合成に成功した。多様なアゾメチンイリドとアルケンとの組み合わせによりピペリジンハイブリッド分子の多様合成が可能であることを示したことは有機合成および創薬化学に新手法をもたらしたことで意義がある。

研究成果の概要(英文)：When our original silver complex is used as a catalyst for the reaction of a cyclic iminonitrile with an α -enone, the conjugate addition reaction proceeds to give the conjugate adduct as a single diastereomer in a good yield with up to 97% ee. The product was reduced with hydrogen to afford the corresponding spiroperidine. Asymmetric (3+2) cycloaddition reaction of glycinimino esters and α -alkylidene succinimides to give optically active spiropyrrolidines as α -endo-(2,5-cis) cycloadducts with high stereoselectivity. The limited electronic and stereochemical effects of substituents of the azomethine ylide precursors and alkenes on the yield and stereoselectivity are observed, thus a wide variety of substrates can be used.

研究分野：有機合成化学

キーワード：アゾメチンイリド 環化付加反応 共役付加反応 キラル銀錯体 ハイブリッド分子 スピロヘテロ環 イリデンヘテロ環 イミノエステル

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

新たな医薬品の開発において、分子をランダムに合成しても有効な薬理作用を示す化合物を発見する確率は高くはない。それに対して、生物活性を示す可能性の高いコア構造に修飾を加えたライブラリーを構築することで、医薬品創出の可能性を高める工夫が行われてきた。加えて、近年異なる生物活性物質の基本骨格を二つ以上組み合わせることで、新たな医薬品を探索する分子のハイブリッド化が注目を集めている。この方法で、薬理作用の向上や、新たな薬理作用が発現することが報告されている。アゾメチンイリドと活性アルケンとの反応は、生物活性物質の構成要素であるピロリジンのハイブリッド化が容易に行え、多様な生物活性分子の創出が可能である。この反応は、アゾメチンイリドの活性アルケンへの付加は協奏的な環化付加反応と連続的共役付加反応・分子内求核付加反応から成る形式的な **1,3-双極子環化付加反応**が反応機構として提案されている。この反応機構の特性を活かしてピロリジンの不斉炭素の立体化学を制御することができれば立体多様性合成へ、さらに、それらのハイブリッド分子の合成は、医薬品の発見確率を向上させ医薬品開発に貢献できる。

2. 研究の目的

本研究では、アミノ酸から簡便に発生可能な活性種であるアゾメチンイリドを用いる **1,3-双極子環化付加反応**による立体多様性合成の実現を目指す。1,3-双極子環化付加反応において生成するピロリジンのジアステレオマーは8個が可能であるが、一般的に、キラル **11** 族金属錯体触媒反応では *endo* 体と *exo* 体のジアステレオマーに集約される。本研究課題では、独自に開発した *P,S*-型フェロセン配位子 **ThioClickFerrophos(TCF)**/銀錯体を用いて、高ジアステレオおよびエナンチ選択的に 1,3-双極子環化付加反応を制御し、ピロリジンハイブリッド分子の合成を目指す。アゾメチンイリド前駆体として環状イミノニトリル(ピロリンニトリル)を用いて α -エノンとの反応、それに続くニトリル基の還元によりスピロピロリジン-ペペリジン分子の合成を目指す。二つ目の課題として、アゾメチンイリド前駆体としてイリデンヘテロ環であるアルキリデンコハクイミドに注目し、スピロピロリジンの合成を目指す。更に、イリデンヘテロ環のヘテロ環によりジアステレオスイッチ(ジアステレオマーの作り分け)に関しても検討し、光学活性分子のハイブリッド化を立体多様的に行うことへと展開を目的とする。この手法で潜在的な生物活性分子を多様に創造することができ、医薬品探索の分野における迅速な候補化合物の創出が期待される。また、本手法は、未だ基盤が確立されていない立体多様性合成に対して、独自の金属錯体触媒で挑むものであり独自性の高い研究である。

3. 研究の方法

(1) ピロリンカルボニトリル **1** は市販の **2**-(ジフェニルメチレン)アミノ)アセトニトリルと α -エノンとの反応と連続するアミノ基の分子内縮合反応から調製し、生成物はカラムクロマトグラフィーにより精製した。グリシンイミノエステル **5** と α -ベンジリデンコハク酸イミド **8** との銀触媒反応グリシンイミノエステルおよび α -アルキリデンコハク酸イミドなどのすべての出発化合物は、文献記載の方法によって調製した。

(2) 銀塩と **TCF** との錯体触媒を用いて、ピロリンカルボニトリル **1** と α -エノン **2** との反応、およびグリシンイミノエステル **5** とアルキリデンコハクイミド **8** との反応を検討した。各反応は通常、バイアル容器中、触媒量 (**5 mol%**) の酢酸銀、配位子 (**TCF**) を用いて乾燥溶媒中で、所定の温度・時間で反応を行った。常法処理後、粗生成物の **NMR** スペクトル測定を行い、ジアステレオマー混合物の比を決定した。粗生成物を、シリカゲルカラムクロマトグラフィーにより

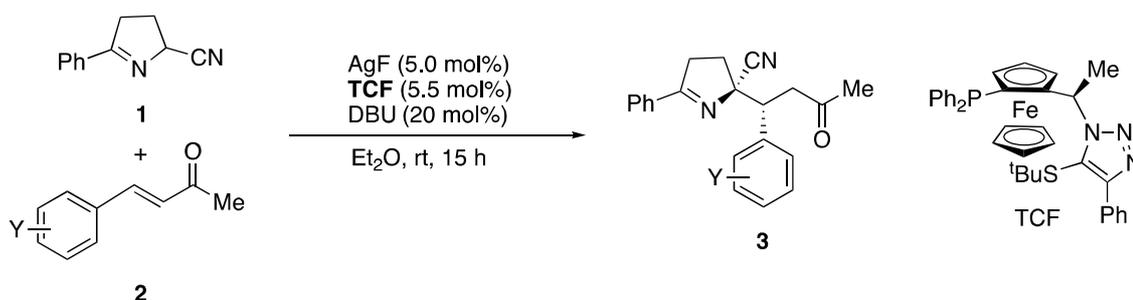
純粋な化合物を単離した。生成物の構造は、核磁気共鳴スペクトル測定 (**NMR**) と高分解能質量分析測定 (**HRMS**) により決定し、一部の化合物の単結晶 **X** 線構造解析により絶対配置を確認した。鏡像異性体過剰率(%**ee**)はキラルカラムを備えた高速液体クロマトグラムグラフィー(**HPLC**)により決定した。また、すべての生成物のラセミ体を銀塩/**PPh₃**により調製し、**HPLC** 比較分析を行った。

4. 研究成果

(1) キラル銀錯体触媒による α -エノンへのピロリンカルボニトリルの不斉結合付加

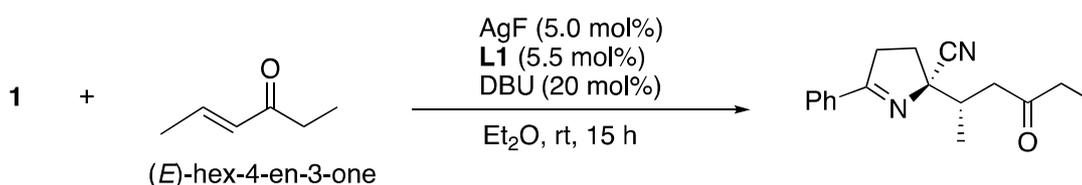
1 と **2** との反応については、 α -イミノニトリルの立体制御が困難と考えられていた。その理由は、エステルは二座配位で 5 員錯体を形成しているので遷移状態で立体制御が可能であるのに対し、ニトリルアゾメチンイリドは金属錯体へ単座配位のため立体制御が困難である。しかし、シアノ基はアミンなどの他の官能基に変換できる点が合成化学的に魅力的である。研究者は、この欠点をさまざまな銀錯体触媒をテストすることで克服し、ジアステレオおよびエナンチオ選択反応を達成した。

最初に **1** とベンザルアセトン **2** (**Y = H**) とのモデル反応で反応条件の最適化を行った。**AgF** と **L1** との錯体が最も触媒として優れており、ジエチルエーテル中、**1,8**-ジアザピシクロ[5.4.0]ウンデセン (**DBU**) を塩基として用い、室温で 15 時間反応を行うと、**96%** の収率、**72% ee** で *anti* 付加物が得られた。生成物の相対および絶対配置は **X** 線構造解析によりイミノ基と側鎖アリール基が *anti* であることを明らかにした。



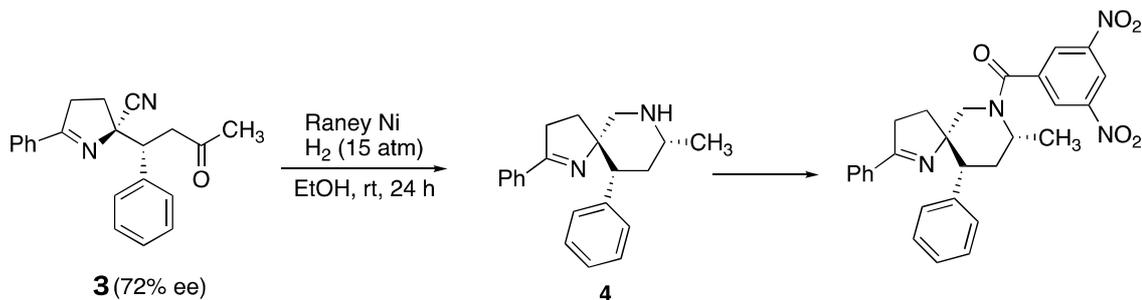
スキーム 1

次に、上記の最適な条件下で α -エノンに関する適用範囲を調べた (スキーム 1)。**2** の置換基 **Y** の位置や電子的性質に関係なく高収率 (**75~82%**) かつ高エナンチオ選択的に (最大 **94% ee**) 共役付加物が生成した。**2**-チオフェニルなどのヘテロアリール基質も α -エノンとして使用できる (収率 **70%**, **97% ee**)。また、(*E*)-ヘキサ-4-エン-3-オンなどのアルキル α -エノンとの反応も進行し、中程度のエナンチオ選択性 (**66% ee**) で良好な収率で単一のジアステレオマーを与えた (スキーム 2)。**1** のアリール基もメトキシおよびハロゲン置換フェニル基誘導体の使用が可能で、高収率および中程度のエナンチオ選択性で反応が進行した。



スキーム 2

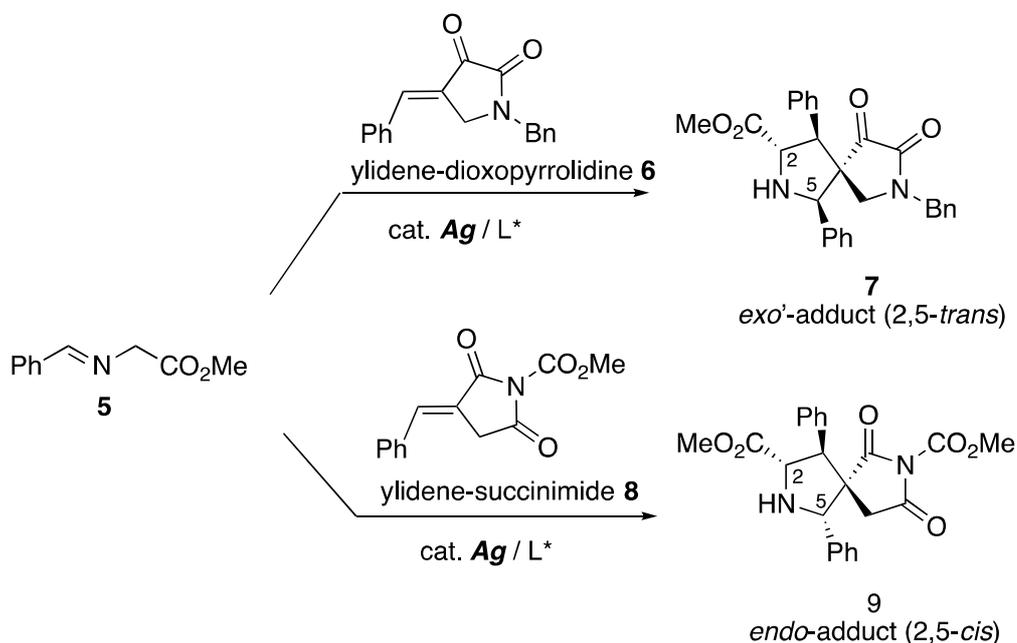
最後に、ニトリル基の官能基変換実験を行った。化合物 **3** (72% ee) を EtOH 中、室温で水素 /Raney Ni で処理すると、ニトリル基の還元が円滑に進行し、NMR 測定から、単一の立体異性体としてスピロピペリジン **4** の存在が明らかになった(スキーム 4)。(±)-*N*-3,5-ジニトロベンゾイル化体の **X** 線結晶構造解析を行い、ピペリジン環中のフェニル基とメチル基の相対配置は互いに *cis* であることを確認した。



スキーム 3

(2) 銀触媒による不斉[3+2]付加環化反応によるイミノエステルと α -アルキリデンコハク酸イミドのスピロ環式ピロリジン化合物の合成

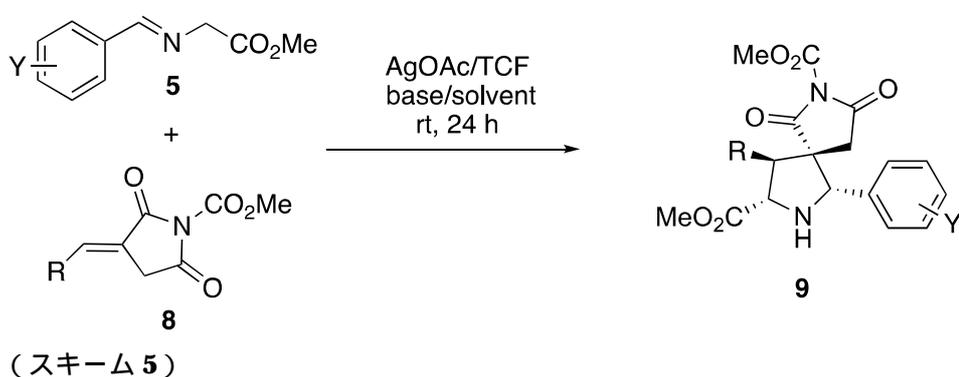
研究者は本研究の一環として、優れた双極子受容体であるイリデン-2,3-ジオキソピロリジン **6** は銀触媒でアゾメチンイリドと[3+2]環化付加反応を受け、高エナンチオ選択的に *exo* スピロピロリジン **7** (ピロリジン環の 2,5-*trans* 配置)を生成することを見つけた。一方、 α -アルキリデンコハク酸イミド **8** は、イリデン-2,3-ジオキソピロリジン **6** の構造異性体である。銀/TCF 錯体を用いたアゾメチンイリドと α -ベンジリデンコハク酸イミドとの反応モデル反応に、立体化学に注目して研究を行った。結果は、イリデン-2,3-ジオキソピロリジン **6** との反応とは対照的に、*endo* スピロピロリジン **9** (2,5-*cis* 配置)が高いエナンチオ選択性で良好な収率で生成することが判明した。反応の立体化学は、先行研究である銅触媒を用いる反応と同様であるが、はじめて銀触媒による不斉[3+2]環化付加反応に成功した(スキーム 4)。このことは、反応の立体化学は金属錯体触媒で制御されているのではなく、反応基質であるイリデンヘテロ環により制御されていることを示唆している。



(スキーム 4)

まず，[3+2]付加環化反応の反応条件の最適化実験を，*p*-クロロフェニルイミノエステル(**5**： $Y = p\text{-Cl}$)と α -ベンジリデンコハク酸イミド **8** との反応で行い，AgOAc/TCF 触媒，DIPEA 存在下，THF 中室温で 24 時間の反応で，最高の収率でジアステレオ (最大 92% *de*)およびエナンチオ選択的に(最大 94% *ee*)スピロピロリジン **9** が得られた (スキーム 5)。¹H NMR 測定では，立体異性体の存在が示唆され，これらをシリカゲルカラムクロマトグラフィーを使用して分離した。主生成物 **9** の構造は，その NMR スペクトルと報告された化合物との NMR スペクトルの比較によって同定し，相対配置は銅触媒反応の環化付加物と同一の *endo*(2,5-*cis* 配置)であると決定した。絶対配置は，キラル HPLC を用いて行い文献データと比較して決定した。

α -ベンジリデンコハク酸イミド **8** ($R = Ph$)とフェニル基上にさまざまな置換基 Y を持つイミノエステル **5** について基質適用範囲を検討した (スキーム 5)。ジアステレオ選択性およびエナンチオ選択性は，置換基の位置 (*o*-メチル置換基を除く)や電子的性質とは関係なく，高い立体選択性を示した。2-チエニル基などのヘテロアリアル置換基も使用でき，高収率，93% *ee* で単一のジアステレオマーを得た。シクロヘキシル基などのアルキル置換基も優れたエナンチオ選択性で，生成物を適度な収率で生成した。



次に， α -アルキリデンコハク酸イミドにも基質範囲が拡大でき，ブチリデンのような α -アルキリデンコハク酸イミド($R = C_3H_7$)も良好な求双極子として使用でき，ジアステレオマーおよびエナンチオマー過剰量の高い(92% *ee*)対応するスピロピロリジンが高収率で生成した。電子供与性(**8**: $R = p\text{-MeOC}_6\text{H}_4$)および電子吸引性置換基(**8**: $R = p\text{-CF}_3\text{C}_6\text{H}_4$ および $p\text{-Br C}_6\text{H}_4$)を有するベンジリデン基コハク酸イミド **8** などの電子吸引基質と電子供与基質の両方との反応においても，高い収率と立体選択性が観察された。ヘテロアリアル基質である 2-フリリデンコハク酸イミドとの反応は，主に単一のジアステレオマーを高いエナンチオ選択性(89%*ee*)で良好な収率で与えた。*N*-フェニル置換 α -ベンジリデンコハク酸イミドとの反応においても，高ジアステレオおよびエナンチオ選択的に，対応する環化付加物が良好な収率で得られた。

(3) 結論として，研究者は銀/TCF 錯体を用いてイミノニトリルと α -エノンとの不斉共役付加反応を行い，その生成物の水素還元から対応するスピロピロリジンを，一方，イミノエステルと α -アルキリデンコハク酸イミドとの反応からは *endo*(2,5-*cis*)スピロピロリジンを，それぞれ高立体選択的に合成することに成功した。多様なアゾメチンイリドとアルケンとの組み合わせによりピロリジン分子の多様合成が可能なることを示したことは，有機合成化学上意義があり，創薬化学への波及効果が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Araki Haruna, Furuya Shohei, Kanemoto Kazuya, Fukuzawa Shin-ichi | 4. 巻 88 |
| 2. 論文標題 Chiral Silver Complex-Catalyzed Asymmetric Conjugate Addition of 1-Pyrroline-5-Carbonitrile to -Enones | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 924 ~ 932 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.2c02315 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Asanuma Hayato, Kanemoto Kazuya, Watanabe Tokiharu, Fukuzawa Shin ichi | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 <i>N</i> (Morpholine 4 dithio)phthalimide: A Shelf Stable, Bilateral Platform Molecule Enabling Access to Diverse Unsymmetrical Disulfides** | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition | 6. 最初と最後の頁 e202219156 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202219156 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Suzuki, Yuko; Kanemoto, Kazuya; Inoue, Ayana; Imae, Kazumi; Fukuzawa, Shin-ichi. | 4. 巻 86 |
| 2. 論文標題 Silver/ThioClickFerrophos-Catalyzed 1,3-Dipolar Cycloaddition and Tandem Addition-Elimination Reaction of Morita-Baylis-Hillman Adducts | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 14586-14596 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c01440 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Suguru, Sakai; Kazuya Kanemoto; Shin-ichi, Fukuzawa | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 Synthesis and Evaluation of Novel Planar-Chiral Monophosphine Ligands Bearing Ferrocene-Triazole Backbones | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 967-975 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202100967 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

[学会発表] 計22件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 清水 駿吾・大澤 一輝・福澤 信一 |
| 2. 発表標題 軸不斉を有する新規キラルフェロセニルホスフィン配位子の合成と不斉有機合成反応への応用 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022, 2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 細野 兼矢・井上 綾菜・古屋 翔平・福澤 信一 |
| 2. 発表標題 銀触媒を用いるアルキリデンスクシニイミドからスピロピロリジンの立体選択的合成 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022, 2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 齋藤 一輝・福澤 信一 |
| 2. 発表標題 新規フェロセニルオキサゾリンスルホキシド配位子の合成とその性能評価 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022, 2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小貝 奈々・清水 健太・福澤 信一 |
| 2. 発表標題 -イミノニトリルと活性アルケンとの不斉1,3 双極子環化付加反応 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022, 2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 古屋翔平・井上綾菜・福澤信一 |
| 2. 発表標題 不斉 1,3-双極子環化付加反応を用いるスピロピロリジンの 2,5-trans 選択的合成 |
| 3. 学会等名 第 5 1 回複素環化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 清水 駿吾・坂井 傑・大澤 一輝・福澤 信一 |
| 2. 発表標題 キラルピナフチル基の導入によるキラルフェロセ ニルホスフィン配位子とその金属錯体の合成 |
| 3. 学会等名 第 6 8 回有機金属化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 古屋 翔平・井上 綾菜・福澤 信一 |
| 2. 発表標題 金属錯体触媒を用いるイミノエステルとイリデン ヘテロ環化合物との2,5-trans選択的不斉[3+2]環化付加反応 |
| 3. 学会等名 第 6 8 回有機金属化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shohei Furuya , Shi-ichi Fukuzawa |
| 2. 発表標題 EXO'-SELECTIVE CONSTRUCTION OF SPIROBIPYRROLIDINES BY THE SILVER-CATALYZED ASYMMETRIC [3+2] CYCLOADDITION OF IMINO ESTERS WITH 2,3-DIOXOPYRROLIDINES |
| 3. 学会等名 29th International Conference on Organometallic Chemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Suguru Sakai, Shin-ichi Fukuzawa |
| 2. 発表標題 SYNTHESIS OF NOVEL PLANAR CHIRAL MONOPHOSPHINE LIGANDS BEARING FERROCENYL-TRIAZOLE BACKBONES AND THEIR USE IN ASYMMETRIC CROSS-COUPPLING REACTION |
| 3. 学会等名 29th International Conference on Organometallic Chemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 室井 賢二、古屋 翔平、福澤 信一 |
| 2. 発表標題 キラル銅錯体触媒を用いるイミノラクトンとアルキリデンピラゾロンとのendo'-選択的の不斉[3+2]環化付加反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103回春季年会2023 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐久間 夕季、古屋 翔平、福澤 信一 |
| 2. 発表標題 キラル銅錯体触媒を用いるイミノエステルとシアノスルホンとのexo'選択的の不斉1,3-双極子環化付加反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103回春季年会2023 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 古屋 翔平、室井 賢二、福澤 信一 |
| 2. 発表標題 3-24キラル銀錯体触媒を用いるイミノラクトンとイリデン-イソオキサゾロンとのendo'-選択的の不斉[3+2]環化付加反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103回春季年会2023 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上綾菜、鈴木裕子、金本和也、福澤信一 |
| 2. 発表標題 銀/ThioClickFerrophos錯体触媒を用いたMorita-Baylis-Hillman付加体とアゾメチンイリドの不斉付加反応 |
| 3. 学会等名 第79回有機合成化学協会関東支部シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 町田陽佳、金本和也、福澤信一 |
| 2. 発表標題 イミノペプチドを用いた1,3-双極子環化付加反応によるペプチドのN末端修飾 |
| 3. 学会等名 第79回有機合成化学協会関東支部シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 古屋翔平、金本和也、福澤信一 |
| 2. 発表標題 キラル銀錯体触媒を用いるイミノエステルと2,3-ジオキサピロリジンとのexo'-選択的不斉[3+2]環化付加反応 |
| 3. 学会等名 第81回有機合成化学協会関東支部シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 井上綾菜・金本和也・福澤信一 |
| 2. 発表標題 銀触媒を用いた MBH 付加物とアゾメチンイリドの不斉 1,3-双極子環化付加反応とタンデム型付加-脱離反応 |
| 3. 学会等名 第50回複素環化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大野 孝樹, 古屋翔平, 金本和也, 福澤信一 |
| 2. 発表標題 キラル金属錯体触媒を用いる 2-ピロリンエステルと 2-ニトロ酢酸アリルとの不斉付加-脱離反応 |
| 3. 学会等名 第 5 0 回複素環化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 荒城 春奈、金本 和也、福澤 信一 |
| 2. 発表標題 銀錯体触媒系を用いたイミノニトリルの α , β -不飽和ケトンへの不斉Michael付加反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩田 真輝、町田 陽佳、金本 和也、福澤 信一 |
| 2. 発表標題 銀触媒を用いるイミノエステルとデヒドロアラニンの1,3-双極子環化付加反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ayana Inoue, Kazuya Kanemoto, Shin-ichi Fukuzawa |
| 2. 発表標題 Ag-catalyzed Enantioselective asymmetric 1,3-dipolar cycloaddition of azomethine ylides to Morita-Baylis-Hillman Adducts |
| 3. 学会等名 PACIFICHEM2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Haruna Araki, Kazuya Kanemoto, Shin-ichi Fukuzawa |
| 2. 発表標題 Silver-catalyzed enantio- and diastereo-selective Michael addition reaction of cyclic iminonitriles to enones |
| 3. 学会等名 PACIFICHEM2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Haruka Machida, Kazuya Kanemoto, Shin-ichi Fukuzawa |
| 2. 発表標題 N-Terminal peptide modification by metal-catalyzed 1,3-dipolar cycloaddition of iminopeptide |
| 3. 学会等名 PACIFICHEM2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| <p>Google Scholar https://scholar.google.co.jp/citations?hl=ja&user=FblgCEkAAAAJ</p> |
|--|

| | | |
|---------------------------|-----------------------|----|
| 6. 研究組織 | | |
| 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|