

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 9 月 21 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25410053

研究課題名(和文)キラル11族金属錯体を用いる双極子活性種の効率的発生と多様性分子変換

研究課題名(英文)Activation of Dipoles by Chiral 11 Group Metal Complexes and Diverse Oriented Synthesis

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) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：光学活性アミノ酸誘導体は生物活性を示し、医薬品として期待できる重要な化合物である。これらを、合成する方法として、グリシンイミノエステル(アゾメチンイリド双極子活性種の前駆体)と活性アルケンとの不斉1,3-双極子環化付加反応や共役付加反応がある。酢酸銀とP,S-配位子ThioClickFerrophos(TCF)との錯体触媒は、アゾメチンイリドの活性化に有効に作用し、種々の活性化アルケンとの不斉環化付加反応や不斉共役付加反応を触媒し、生成物を高立体選択的に生成した。この手法により、多様な光学活性アミノ酸誘導体の合成が可能になり、

研究成果の概要(英文)：Optically active pyrrolidine derivatives are biologically active compounds and pharmaceutically important. Asymmetric 1,3-dipolar cycloaddition and conjugate addition of glycine iminoesters (azomethine ylide precursors) with active alkenes are effective for diverse oriented synthesis of amino acid derivatives. Silver acetate/ThioClickFerrophos complex activates effectively azomethine ylide and catalyzes asymmetric 1,3-dipolar cycloaddition and conjugate addition reaction with active alkenes to afford optically active products with high stereoselection. The methodology can lead to diverse oriented synthesis of optically active amino acids and drug discovery.

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 キラル配位子 キラル銀錯体触媒 アミノ酸 多様性合成 ドラッグディスカバリー

1. 研究開始当初の背景

応募者は、キラルフェロセンを基本骨格に、トリアゾール環をもつ異原子配位子 ThioClickFerrophos (TCF) を開発した。この配位子は多様な分子構造を容易に合成できる click chemistry による配位子設計に基づいている。それらの銅または銀錯体触媒はアゾメチンイリドと電子不足アルケンとの不斉 1,3-双極子環化付加反応に有効に作用し、ジアステレオおよびエナンチオ選択性高く反応が進行することを見つければ、光学純度の高いプロリンエステルを合成することに成功した。アゾメチンイリドとは、グリシンイミノエステルを適当なルイス酸と塩基で処理して生成する、双極子活性種のこである。その共鳴構造は 1,3-双極子となり、電子不足アルケンと [3+2]-環化付加反応し、ピロリジン生成物 (プロリンエステル) を与える。光学活性ピロリジン誘導体は生物活性を示す重要な化合物、例えば、天然のアミノ酸であるプロリンやプロリン骨格を含む抗 C 型肝炎ウイルス剤などが知られている。生成物のピロリジンは endo 体および exo 体のジアステレオマーが生成する。Carretero は、グリシンイミノエステルと不飽和ケトンとの反応が銅/FeSulphos 触媒で exo 選択的に、一方、応募者は、銀/TCF 錯体触媒で endo 選択的に進行することを見つけている。アゾメチンイリドは環化付加反応以外に、電子不足アルケンと共役付加をしたり、イミンへ付加をしたりする (Mannich 反応)。この場合はアルジミンに代わりケチミンを用いる必要があるが、イミンを加水分解しアミノ基へ変換すると、 α,γ -ジアミノ酸、 α,β -ジアミノ酸が、それぞれ合成できる。これらの反応においても、ジアステレオマーが生成するので、この立体制御が必要である。金属錯体の種類、アルケンの置換基、および配位子の立体および電子的性質により、ジアステレオ選択性を向上させる工夫がなされている。

2. 研究の目的

アゾメチンイリド双極子活性種は多様性指向合成に優れた活性種であるが、これが関与する不斉触媒反応を成功するには、以下の点を考慮しなくてはならない。

- (1) 電子不足アルケンの選択、および環化付加と共役付加の反応選択性の制御
 - (2) アゾメチンイリド双極子活性種前駆体の選択と分子設計
 - (3) 11 族金属塩の選択 (金、銀、または銅錯体で触媒活性と選択性の最適化)
 - (4) 金属錯体触媒の配位子設計 (高選択性発現のための配位子選択および設計)
- 上記 (3) と (4) に関連して、応募者の開発した銀/TCF 錯体触媒はアゾメチンイリド双極子活性種の発生に有効な触媒であり、本研究で、これが関与する新たな不斉炭素-炭素結合生成反応の発展を目指す。アゾメチンイリドの求双極子として新規の電子不足アルケンとの反応を開拓し、適用限界を明らかにする。新規の双極子活性種前駆体を開拓し、求双極子との不斉環化付加反応や共役付加反応における反応性・選択性を明らかにする。不斉触媒能を高めるために配位子設計が多様かつ容易な click chemistry による配位子設計に基づいた新たなキラルホスフィン配位子を開発する。また、これらと上記金属錯体触媒の触媒能について明らかにする。

3. 研究の方法

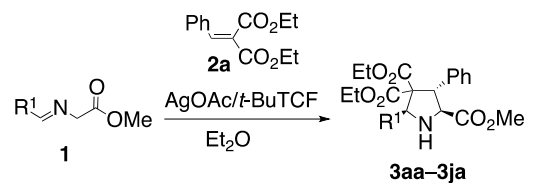
不斉合成反応としては、酢酸銀/TCF 触媒を用いて、グリシンイミノエステルと 1) アリリデンマロン酸エステルとの不斉 1,3-双極子環化付加反応、2) アリリデンホスホン酸エステルとの不斉 1,3-双極子環化付加反応、3) 環状イミノエステルとマレイミドの不斉 1,3-双極子環化付加反応に関して検討した。なお、各反応は、通常、触媒量 (5 mol%) の酢酸銀、配位子 (TCF)、所定の温度、所定時間反応を行い、定法処理後、粗生成物の状態で生成物のジアステレオ選択性を NMR 装置で決定をした。分取薄層クロマトで生成物を単離生成し、キラルカラムを備えた高速液体クロマトグラムで鏡像体過剰率を決定した。

4. 研究成果

(1) 酢酸銀と ThioClickFerrophos 錯体を用いるグリシンイミノエステルとアリリデンマロン酸エステルとの不斉 1,3-双極子環化付加反応

グリシンイミノエステル **1** (アゾメチンイリド前駆体) とアクリル酸エステルなどの活性アルケンとの 1,3-双極子環化付加反応は一段階で、プロリン骨格を持つ生理活性物質や、不斉有機触媒の構造を作ることができる重要な反応である。その誘導体は、グリシンイミノエステルと活性アルケンとの組み合わせにより、多様な生成物が合成できる。すなわち、多様な分子変換が可能であり、医薬品探索に適した合成反応である。最初の研究として、アリリデンマロン酸エステル **2** を活性アルケンとして選択して、グリシンイミノエステルとの反応を研究した。各種イミノエステルとベンジリデンマロン酸ジエチルとの反応の結果を表 1 に示す。酢酸銀/TCF 錯体触媒存在下、エーテル中でグリシンイミノエステルとベンジリデンマロン酸ジエチル **2a** との反応は室温、15 時間の反応条件で、ほぼ定量的に進行し、プロリンエステル誘導体 **3a** を生成した。置換フェニル誘導体では、置換基の電子的および置換基の位置とは関係なく、exo ジアステレオマーが、単一のジアステレオマーとして、高収率および高エナンチオ選択

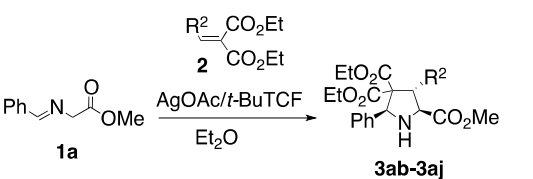
表 1 各種グリシンイミノエステルとベンジリデンマロン酸ジエチルとの反応



Entry	R ¹ in 1	Product	Yield (%) ^b	Ee (%) ^c
1	C ₆ H ₅	3aa	90	98
2	<i>p</i> -MeC ₆ H ₄	3ba	95	99
3	<i>o</i> -MeC ₆ H ₄	3ca	95	99
4	<i>p</i> -MeOC ₆ H ₄	3da	90	96
5	<i>p</i> -CF ₃ C ₆ H ₄	3ea	93	98
6	<i>p</i> -ClC ₆ H ₄	3fa	83	98
7	<i>p</i> -BrC ₆ H ₄	3ga	91	94
8	1-C ₁₀ H ₇	3ha	70	85
9	2-thienyl	3ia	75	93
10	<i>c</i> -C ₆ H ₁₁	3ja	60	99

的に生成した。1-ナフチル基やヘテロ環化合物としてチエンル基、およびシクロヘキシル基でも、同様に *exo* ジアステレオマーが、単一のジアステレオマーとして、適度の収率で高エナンチオ選択的に生成した。次に、アリリデンマロン酸ジエチルに関して、基質の適用限界を調べた。結果を表 2 に示す。置換フェニル誘導体では、置換基の電子的および置換基の位置の効果は観察されず、*exo* ジアステレオマーが、単一のジアステレオマーとして、高収率および高エナンチオ選択的に生成した。シクロヘキシルリデンマロン酸ジエチルとの反応も、ベンジリデンマロン酸ジエチルと同様に、*exo* ジアステレオマーが、単一のジアステレオマーとして、高収率および高エナンチオ選択的に生成した。本反応の特長として、塩基の存在なしに反応が進行していることから、酢酸銀がルイス酸とルイス塩基の療法的作用をしている、すなわち二官能性触媒として作用していることである。

表 2 グリシンイミノエステルと各種アリリデンマロン酸ジエチルとの反応



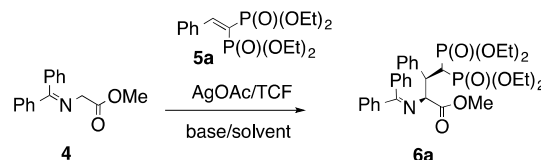
Entry	R ² in 2	Product	Yield (%) ^b	Ee (%) ^c
1	<i>p</i> -MeC ₆ H ₄	3ab	95	97
2	<i>o</i> -MeC ₆ H ₄	3ac	95	95
3	<i>p</i> -MeOC ₆ H ₄	3ad	85	95
4	<i>p</i> -CF ₃ C ₆ H ₄	3ae	98	94
5	<i>p</i> -ClC ₆ H ₄	3af	95	97
6	<i>p</i> -BrC ₆ H ₄	3ag	85	96
7	1-C ₁₀ H ₇	3ah	99	88
8	2-thienyl	3ai	99	97
9	<i>c</i> -C ₆ H ₁₁	3aj	90	87

(2) 酢酸銀と ThioClickFerrophos 錯体を用いるグリシンイミノエステルとアリリデンジホスホン酸エステルとの不斉共役反応

アミノビスホスホン酸は骨痛緩和、骨破壊軽減や骨溶解軽減など骨に関する治療薬として重要である。ビスホスホン酸類の簡便な合成方法として、グリシンイミノエステルとアリリデンジホスホン酸エステルとの不斉共役付加反応を研究した。先行研究として、C.-J. Wang らの研究が知られているが、そこではアルジミンイミノエステルが使用されている。本研究では、出発化合物の加水分解に対する耐性が高く、長期保存できるケチミンエステルをアゾメチンイリド前駆体として用いることにした。ジフェニレンイミノグリシンメチルエステル **4** とベンジリデンジホスホン酸 **5a** との反応をモデル反応として、酢酸銀/TCF 錯体を用いて、収率、*syn/anti* のジアステレオマー比、エナンチオ選択性の観点から反応条件の最適化を行った。結果を表 3 に示す。溶媒として、テトラヒドロフラン、塩基として炭酸セシウムを用いて室温で反応

を行うと、*syn* 異性体 **6a** の収率およびエナンチオ選択性が最も高かった。

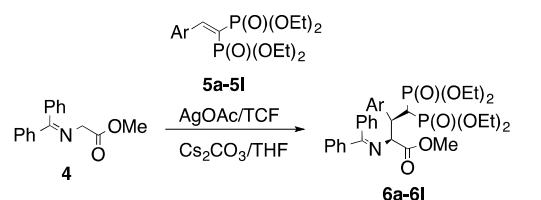
表 3 ジフェニレンイミノグリシンメチルエステルとベンジリデンジホスホン酸との反応条件の最適化



Entry	Base	Solvent	Yield (%) ^b	<i>syn/anti</i> ^c	ee (%) ^d <i>syn</i> ^d
1	–	THF	45	75/25	98
2	Cs ₂ CO ₃	THF	86	83/17	99
3	Cs ₂ CO ₃	DME	65	81/19	89
4	Na ₂ CO ₃	THF	78	83/17	86
5	K ₂ CO ₃	THF	43	76/24	94
6	K ₃ PO ₄	THF	76	76/24	94
7	NEt ₃	THF	42	84/16	96
8	DIPEA	THF	81	77/23	95
9	DABCO	THF	40	87/13	96
10	DBU	THF	15	75/25	76

最適化された条件で、ジフェニレンイミノグリシンメチルエステルと置換ベンジリデンジホスホン酸 **5** との反応の基質適用範囲を検討した。結果を表 4 に示す。置換基の電子的および置換基の位置の効果は観察されず、*syn* ジアステレオマー **6** が、単一のジアステレオマーとして、高収率および高エナンチオ選択的に生成した。

表 4 ジフェニレンイミノグリシンメチルエステルと各種アリリデンジホスホン酸との反応の適用限界

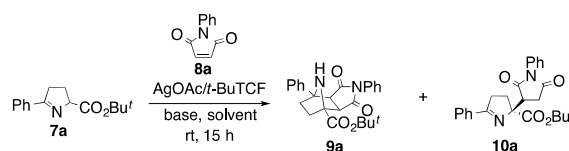


Entry	Ar	Yield (%) ^b (Product)	<i>syn/anti</i> ^c	ee (%) ^d <i>syn</i> ^d
1	C ₆ H ₅	81 (6a)	86/14	98
2	<i>o</i> -MeC ₆ H ₄	64 (6b)	81/19	92
3	<i>m</i> -MeC ₆ H ₄	75 (6c)	78/22	96
4	<i>p</i> -MeC ₆ H ₄	70 (6d)	80/20	94
5	<i>p</i> -MeOC ₆ H ₄	83 (6e)	78/22	96
6	<i>p</i> -FC ₆ H ₄	92 (6f)	78/22	96
7	<i>p</i> -NO ₂ C ₆ H ₄	92 (6i)	79/21	97
8	2-C ₁₀ H ₇	74 (6j)	83/17	97
9	4-pyridyl	81 (6k)	80/20	98
10	4-thienyl	88 (6l)	76/24	96

(3) 酢酸銀と ThioClickFerrophos 錯体を用いる 5-ピロリンエステルとマレイミドとの環化付加反応

7-アザノルボルナンは、二環式のピロリジン類似体であり、固定されたアミノ酸としてその生物活性に興味を持たれている。例えば、エピバティジンは最初にエクアドル蛙から抽出された天然のアザノルボルナンである。7-アザノルボルナンカルボン酸はHIV阻害剤合成の前駆体として使用されている。これらの化合物の合成法の開発は発展途上で有り、現在の所光学活性化合物の合成には、多段階を必要としている。

表 5 2-フェニル-2-ピロリンエステルとフェニルマレイミドとの反応条件の最適化



Entry	Solvent	Base	Conv (%) ^b	Yield (%) of 9a ^b	Ee (%) of 9a
1	THF	-	60	42	62
2	THF	NEt ₃	80	56	55
3	THF	NEt ₃	58	45	51
4	THF	DABCO	67	48	49
5	THF	DIPEA	64	40	40
6	THF	LiOAc	69	55	52
7	THF	NaOAc	70	54	68
8	THF	KOAc	72	58	50
9	DME	NaOAc	97	67	80
10	Et ₂ O	NaOAc	99	62	68

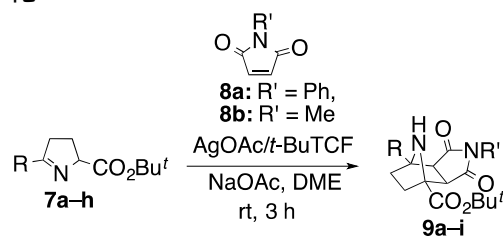
本研究では、5-ピロリンエステルを環状アゾメチンイリド前駆体として考案し、これと活性アルケンであるマレイミドとの反応により、一段階で7-アザノルボルナンの合成を目的とした。

2-フェニル-2-ピロリンエステル **7a** とフェニルマレイミド **8a** との反応を酢酸銀/TCF 錯体を用いて、室温で15時間反応を行うと、endo-環化付加物 **9a** と共役付加物 **10a** の混合物が得られた。endo-環化付加物 **9a** の収率、エナンチオ選択性の観点から反応条件の最適化を行った。結果を表5に示す。溶媒として、1,2-ジメトキシエタン(DME)、塩基として酢酸ナトリウムを用いて室温で反応を行うと、endo-環化付加物 **9a** の収率およびエナンチオ選択性が最も高かった。

9a は共役付加物 **10** を中間に経て生成していると考えた、**10a** を塩基で処理をして、長時間放置をしたが、**9a** への転換は全く見られなかった。また、**9a** に対して、同様の処理をしても **10a** には転換しなかった。このことから、**9a** と **10a** は別個の反応経路で生成していると考えられる。

最適化された条件で、2-フェニル-2-ピロリンエステル **7** とマレイミド **8** との反応の基質適用範囲を検討した。結果を表5に示す。置換基の電子的影響および置換基の位置の効果は観察されず、syn ジアステレオマー **6** が、単一のジアステレオマーとして、高収率および高エナンチオ選択的に生成した。

表 5 2-フェニル-2-ピロリンエステルとフェニルマレイミドとの反応条件の最適化



Entry	R	Product yield (%) ^b	Ee (%) ^c
1	C ₆ H ₅	9a , 67	80
2	<i>p</i> -FC ₆ H ₄	9b , 69	86
3	<i>p</i> -ClC ₆ H ₄	9c , 59	79
4	<i>p</i> -BrC ₆ H ₄	9d , 68	81
5	<i>p</i> -MeC ₆ H ₄	9e , 65	78
6	<i>o</i> -MeC ₆ H ₄	9f , 62	76
7	<i>p</i> -MeOC ₆ H ₄	9g , 65	85
8	2-thienyl	9h , 73	84
9	C ₆ H ₅	9i , 70	75

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計10件)

1. A. Koizumi, M. Kimura, Y. Arai, Y. Tokoro, S. Fukuzawa, *J. Org. Chem.* 2015, 80, 10883-10981: Copper and Silver Catalyzed Diastereo- and Enantioselective Conjugate Addition Reaction of 1-Pyrroline Esters to Nitroalkenes: Diastereoselectivity switch by Chiral Metal Complexes
2. M. Kimura, Y. Matsuda, A. Koizumi, C. Tokumitsu, Y. Tokoro, S. Fukuzawa, *Tetrahedron*, doi: 10.1016/j.tet.2015.08.002: Bifunctional AgOAc/ThioClickFerrophos catalyzed asymmetric 1,3-dipolar cycloaddition reaction of azomethine ylides to nitroalkenes
3. T. Mitsui, M. Sugihara, Y. Tokoro, S. Fukuzawa, *Tetrahedron*, **71**, 1509-1514 (2015): Synthesis of adamantyl substituted 1,2,3-triazol-5-ylidene ligands and their PEPPSI-type palladium complexes
4. Kimura, M.; Tada, A.; Tokoro, Y.; Fukuzawa, S. *Tetrahedron Lett.*, **56**, 2251-2253 (2015): Silver-catalyzed asymmetric Michael addition of azomethine ylide to arylidene diphosphonates using ThioClickFerrophos ligand
5. A. Tada, Y. Tokoro, S. Fukuzawa, *J. of Org. Chem.* **79**, 7905-7909 (2014): Palladium/ClickFerrophos-Catalyzed Asymmetric Domino Allylstannylation-Heck Reaction of *o*-Formylaryl Triflate
6. A. Tada, S. Watanabe, M. Kimura Y. Tokoro, S. Fukuzawa, *Tetrahedron Lett.* **55**, 6224 (2014): Synthesis of 7-Azabicyclo-[2.1.1]heptane-1-Carboxylate via Silver/ThioClickFerrophos Catalyzed Asymmetric 1,3-Dipolar Cycloaddition of Dihydropyrrole with N-Substituted Maleimide
7. S. Watanabe, A. Tada, Y. Tokoro, S. Fukuzawa, *Tetrahedron Lett.* **55**, 1306-1309 (2014): Bifunctional

- AgOAc/ThioClickFerrophos complex-catalyzed asymmetric 1,3-dipolar cycloaddition of azomethine ylides with aryl- and alkylidene malonates
8. T. Konno, S. Watanabe, T. Takahashi, Y. Tokoro, S. Fukuzawa, *Org. Lett.*, **15**, 4418-4421 (2013): Silver/ThioClickFerrophos Complex as an Effective Catalyst for Asymmetric Conjugate Addition of Glycine Imino Ester to Unsaturated Malonates and alpha-Enones
 9. H. Inomata, A. Toh, T. Mitsui, S. Fukuzawa, *Tetrahedron Lett.* **54**, 4729-4731 (2013): N-heterocyclic carbene copper(I) complex-catalyzed direct C-H thiolation of benzothiazoles, 査読有.
 10. H. Hiroki, K. Ogata, S. Fukuzawa, *Synlett* **24**, 843-846 (2013): 2-Ethynylpyridine-Promoted Rapid Copper(I) Chloride Catalyzed Azide-Alkyne Cycloaddition Reaction in Water

[学会発表](計 20 件)

1. 小泉昭紘, 木村 緑, 所雄一郎, 福澤信一, キラル銀及び銅錯体触媒を用いたピロリンエステルのニトロアルケンへの不斉マイケル付加反応, 第69回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2015年05月16日~2015年05月16日, 横浜国立大学, 横浜
2. 小泉 昭紘・木村 緑・新井 友梨・松田 結貴子・所 雄一郎・福澤 信一, キラル銀および銅錯体触媒を用いたピロリンエステルのニトロアルケンへの不斉 1,4-共役付加反応, 第62回有機金属化学討論会, 2015年09月07日~2015年09月09日, 関西大学, 吹田
3. 杉田健吾, 三井崇, 所雄一郎, 南安規, 檜山為次郎, 福澤信一, パラジウム触媒によるアルキニルフェロセニルエーテルと内部アルキンとの環化付加反応, 第62回有機金属化学討論会, 2015年09月07日~2015年09月09日, 関西大学, 吹田
4. Koizumi Akio, Kimura Midori, Tokoro Yuichiro, Fukuzawa Shinichi, Enantio and Diastereoselective Conjugate addition of 1-Pyrroline 5-Carboxylate Esters to Nitroalkenes Catalyzed by Chiral Silver and Copper Complexes, OMCOS18, 2015年06月28日~2015年07月02日, バルセロナ, スペイン
5. 杉田健吾・所 雄一郎・福澤信一・南安規・檜山為次郎, アルキニルフェロセニルエーテルとイソシアナートとのパラジウム触媒環化反応, 第 96 日本化学会春季年会, 2016年03月24日~2016年03月27日, 同志社大学, 京田辺
6. 小泉 昭紘・松田 結貴子・所 雄一郎・福澤 信一, キラル銅・銀錯体触媒を用いたオキサゾリンおよびチアゾリンエステルとニトロアルケンへの不斉 共役付加反応, 第 96 日本化学会春季年会, 2016年03月24日~2016年03月27日, 同志社大学, 京田辺
7. Kimura Midori, Fukuzawa Shin-ichi, Enantio- and diastereoselective conjugate addition of 1-pyrroline 5-carboxylate esters to nitroalkenes catalyzed by silver and copper complexes with chiral ferrocenyl ligands. PACHIFICHEM 2015, 2015年12月15日~2015年12月20日, ホノルル, ハワイ
8. 多田淳生, 渡部紗世, 所雄一郎, 福澤信一, 銀錯体触媒を用いたジヒドロピロールエステルの不斉1,3-双極子環化付加反応, 第 6 8 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2014年05月17日~2014年05月17日, 慶応大学, 横浜
9. 木村緑, 福澤信一, 銀/ThioClickFerrophos錯体触媒を用いたグリシンイミノエステルとアリーリデンホスホン酸とのエナンチオ選択的な1,4-共役付加反応, 第 6 8 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2014年05月17日~2014年05月17日, 慶応大学, 横浜
10. Atsuo Tada, Sayo Watanabe, Shinichi Fukuzawa, Silver catalyzed asymmetric 1,3-dipolar cycloaddition of dihydro-2H-pyrrole-2-carboxylates or 4-oxazolecarboxylates with activated alkenes, 15th Tetrahedron Symposium, 2014年06月25日~2014年06月27日, London, イギリス
11. Midori Kimura, Shin-ichi Fukuzawa, Silver/ThioClickFerrophos catalyzed enantioselective 1,4-conjugate addition of glycine imino ester to aryl- and alkylidene phosphonates, 2014年06月25日~2014年06月27日, London, イギリス
12. 三井 崇・杉原 真人・所 雄一郎・福澤 信一, アダマンチル-1,2,3-トリアゾール-5-イリデン配位子の合成とカップリング反応への応用, 第61回有機金属討論会, 2014年09月24日~2014年09月25日, 九州大学, 福岡
13. 多田 淳生・所 雄一郎・福澤 信一, 銀触媒を用いたジヒドロ-2H-ピロール-2-カルボキシレートおよび 4-オキサゾールカルボキシレートと活性アルケンとの不斉 1,3-双極子環化付加反応, 2014年09月24日~2014年09月25日, 九州大学, 福岡
14. Atsuo Tada, Midori Kimura, Shin-ichi Fukuzawa, Synthesis of 7-Azabicyclo[2.1.1]heptane-1-Carboxylate via Silver/ThioClickFerrophos-Catalyzed Asymmetric 1,3-Dipolar Cycloaddition of Dihydropyrrole Ester with N-substituted Maleimide, Vietnam Malaysia International Chemical Congress (VMICC) 2014, 2014年11月07日~2014年11月10日, ハノイ, ベトナム
15. 多田淳生, 緒方賢一, 福澤信一, Pd/ClickFerrophos錯体触媒を用いた不斉ドミノアリルスタンニル化/Heck反応, 第 6 5 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2013年05月18日~2013年05月18日, 新潟薬科大学
16. 三井崇, 緒方賢一, 福澤信一, tzNHC-PEPPSI型パラジウム触媒の水中檜山カップリングへの応用, 第 6 5 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2013年05月18日~2013年05月18日, 新潟薬科大学

17. Shin-ichi Fukuzawa, Takashi Konno, Kazumi Imae, Silver/ThioClickFerrophos Catalyzed Enantioselective Conjugate Addition and Cycloaddition of Glycine Imino Ester to Electron Deficient Alkenes, 14th Tetrahedron Symposium, 2013年06月25日～2013年06月28日, ウィーン, オーストリア
18. Sayo Watanabe, Takashi Konno, Kenichi Ogata, Shin-ichi Fukuzawa, AgOAc/ThioClickFerrophos-Catalyzed Base Free Asymmetric Cycloaddition and Conjugate Addition with Imino Esters, 17th Organometallic Chemistry Directed Toward Organic Synthesis, 2013年07月30日～2013年08月03日, フォートコリンス, コロラド
19. 渡辺紗世, 福澤信一, キラル11族金属錯体触媒を用いた環状イミンと電子不足アルケンとの1,3-双極子環化付加反応, 第66回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2013年11月30日～2013年11月30日, 東京工業大学
20. Shin-ichi Fukuzawa, Atsuo Tada, Yuichiro Tokoro, Palladium/ClickFerrophos Catalyzed Asymmetric Domino Allylstannlation-Heck Reaction of ortho-Formyltriflate, International Symposium on Organic Reaction-11, 2013年11月19日～2013年11月22日, 台北, 台湾

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等
<http://www.chem.chuo-u.ac.jp/fukuzawaweb/index.html>

6. 研究組織

(1) 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