

# 京機短信

## KEIKI short letter

No.383 2023.08.04

京機会(京都大学機械系同窓会)

tel. & fax. 075-383-3713

E-Mail: jimukyoku@keikikai.jp

URL: <http://www.keikikai.jp>

編集責任者 京機短信編集委員会

### 目次

- ・速報！2024年度 京機会総会開催のご案内……京機会事務局 (p.2)
- ・series 研究最前線 (5) 電子構造のトポロジーに基づく量子磁気熱電材料のデザイン  
……見波 将 (pp.3-10)
- ・2023年度九州支部春の行事開催のご報告  
～JR九州名物列車乗車の旅、モノづくり出前授業、子供教室～……中村久志 (pp.11-12)
- ・特許の話……藤川卓爾 (pp.13-18)
- ・S42関東同期会……長崎 啓 (p.19)

祇園祭完全復活 (7月17日山鉾巡行より) ・ ・ ・ ・ 画像は、長刀鉾が河原町一御池一新町通を一周して、辻回し後に四条通へ帰ってきた様子です。細い新町通を通るときは、鉾が電柱や建物にぶつからないかハラハラ・ドキドキです。屋根方が建物や電柱との距離を測りながら、ときには電柱を蹴って、鉾との距離を確保します。広い四条通に出た後はホッと一息で、まさに「緊張と緩和」の瞬間でした。

撮影：編集人(松原)



## 速報! 2024年度 京機会総会開催のご案内

本大会を下記の通り開催いたします。是非、出席をご予定下さい。

- 詳細は、後日、メールと京機会ホームページでご案内致します。

I) 日時:2023年11月5日(日) 11:00~15:45 (終了予定)

II) 会場:

< 総会 Part1・特別講演会 > 京都大学吉田キャンパス物理系校舎 3F 313室

(Zoomを用いたオンライン配信も致します)

< 総会 Part2・表彰式&懇親会 > 百周年時計台記念館 2F「国際交流ホールI・II」

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 電話: 075-753-2285 (百周年記念館)



III) 行事(予定): <大会受付> 10:30~ 物理系校舎 3F 313室 前

1. 京機会総会 (Part1) 11:00~11:40 (現地参加可/オンライン参加可)
2. 特別講演会 11:45~12:45 (現地参加可/オンライン参加可)



正井 健太郎 氏 (S57)

(株)日立製作所 エグゼクティブアドバイザー

日立の鉄道ビジネスの成長とそのきっかけとなった英国初の高速鉄道の開発について ご講演いただく予定です。

3. 京機会総会 (Part2) 13:00~13:30 (現地参加のみ)
4. ランチ懇親会 13:30~15:45 (現地参加のみ)

- 4年ぶりの対面懇親会開催です。少し広めの会場と長めの時間設定にて、皆様がゆっくりご歓談いただける空間と時間をご用意する予定です。

## series 研究最前線 (5)

## 電子構造のトポロジーに基づく量子磁気熱電材料のデザイン

見波 将 (H27/2015卒)



「量子磁気熱電効果の起源を理解し、電子構造から物質を設計する」

## 1. はじめに

日常生活の中にあるわずかなエネルギーから電力を取り出す環境発電に関する研究の重要度は近年より増してきています。その中でも、身の回りにはある排熱から電力を取り出すことができる熱電効果はエネルギーハーベスティングとしての観点だけではなく、極限環境下での独立電源としての応用可能性も検討されており注目されています [1-5]。

これまで盛んに研究されてきた熱電効果はゼーベック効果と呼ばれ、図1 (a) に示すように温度勾配に対し平行に起電力が生じます。この起電力の起源は物質に生じた温度勾配による非平衡状態を電子またはホール移動により解消しようとするためと理解されます。一方で、本研究の対象としている熱電効果は量子磁気熱電効果 (異常ネルンスト効果) と呼ばれており、磁性体において発現します。異常ネルンスト効果の特徴的な点として、図1 (b) に示すように起電力が温度勾配と磁化の外積方向に生じる点があげられます。この温度勾配に対する垂直方向の起電力は単純には、温度勾配により移動する電子またはホールが、物質中の磁化によりローレンツ力を感じ垂直方向に曲がるためと理解できます。

この起電力の向きの違いは応用上の観点で大きな意味を持っています。図1 (c)、(d) にゼーベック効果および異常ネルンスト効果を用いた熱電対の模式図を示します。ゼーベック効果を用いた熱電対は熱勾配に対し、平行、反平行に起電力が生じるn型、p型と呼ばれる素子を用います。そのため柱状の多数の素子を立体的に並べるモジュール構造が必要となり [図1 (c)]、薄膜化、フレキシブル化や大面積化が難しいことや、多重の接合に起因する不可避で大幅な性能低下などの問題があります。一方で、異常ネルンスト効果を用いた熱電対は、発電方向は磁化の方向で制御できるため、図1 (d) のような大面積の薄膜かつ無接合のモジュ

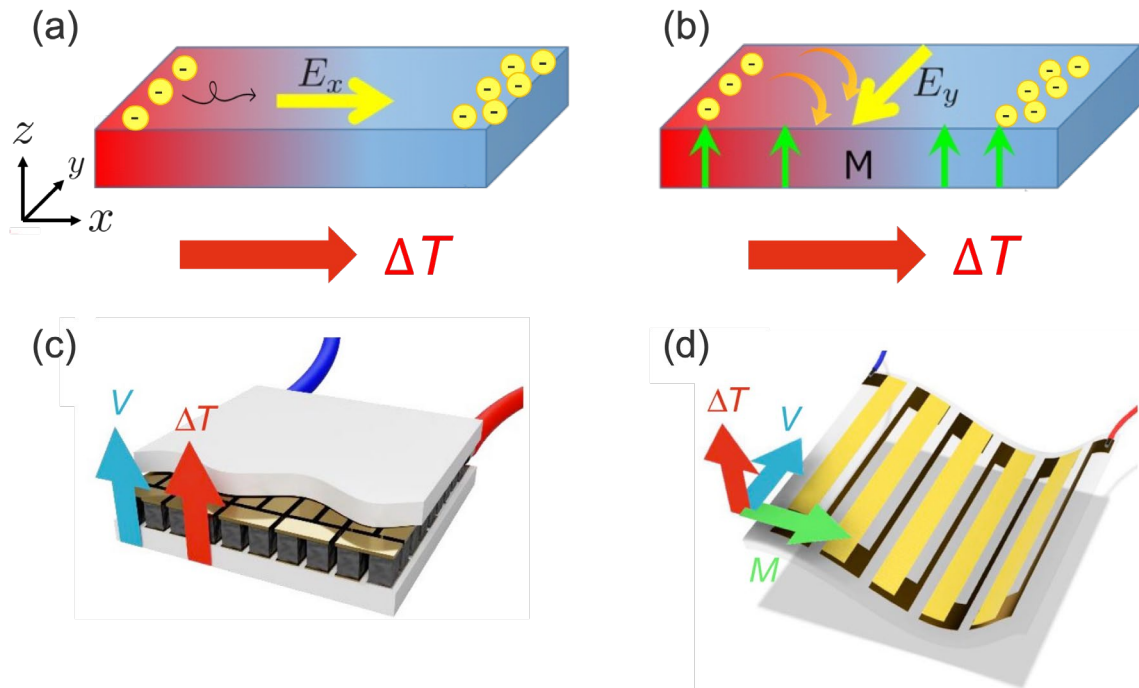


図1 (a)ゼーベック効果と(b)異常ネルンスト効果の模式図。(c)ゼーベック効果を用いた従来型の熱電対の模式図。温度勾配に対し平行に起電力が生じる。(d)異常ネルンスト効果を用いた熱電対の模式図。温度勾配と磁化の外積方向に起電力が生じる。

ール構造が実現可能です。加えて、性能を下げるペルチエ熱の発生が起きないため、効率的な発電が可能になると考えられています [6]。

量子磁気熱電効果はこのような応用上の特徴があり、IoT機器に搭載する自立電源や省エネ社会の実現に資する革新的な熱電変換技術として期待されています。一方で、熱電性能がゼーベック効果と比較し低いことがあげられます。そこで我々は第一原理計算を用いて、より高い熱電性能を示す量子磁気熱電材料の探索とその物質設計の指針を電子構造論の観点から研究してきました。本稿では量子磁気熱電効果(異常ネルンスト効果)に加え、近年の研究成果についてご紹介します。

## 2. 第一原理計算に基づく量磁気熱電効果の性能評価

熱電材料の性能は一般に無次元性能指数  $ZT = \sigma X^2 T / \kappa$  を用いて評価され、 $\sigma, X, \kappa, T$  はそれぞれ、電気伝導率、熱電係数、熱伝導率、絶対温度となります。この  $ZT$  が大きいほど良い熱電材料とされています。当然すべての物理量が重要となりますが、本研究では電子構造により決定される電気伝導率テンソル  $\sigma_{ij}$  及び、熱電係数  $X$  に焦点を当てます。第一原理計算を用いた電気伝導率及び熱電係数の計算には、線形応答理論と Boltzmann の輸送方程式が用いられ、 $\sigma_{ij}(\mu, T) = e^2 \mathcal{L}_{ij}^0, \alpha_{ij} = e \mathcal{L}_{ij}^1 / T, K_{ij} = \mathcal{L}_{ij}^2 / T$  と表せます。ここで、応答関数  $\mathcal{L}_{ij}^n$  は、

$$\mathcal{L}_{ij}^n(\mu, T) = \int d\varepsilon \Sigma_{ij}(\varepsilon) (\varepsilon - \mu)^n \left( -\frac{\partial f}{\partial \varepsilon} \right), \quad (1)$$

$$\Sigma_{ii}(\varepsilon) = \frac{1}{V} \sum_{n,k} \tau [v_{nk}]_i^2 \delta(\varepsilon - \varepsilon_{nk}), \quad (2)$$

$$\Sigma_{ij}(\varepsilon) = \sum_{n,k} [\Omega_{nk}]_i \Theta(\varepsilon - \varepsilon_{nk}), \quad (3)$$

と表せ、 $\mu, f, n, k, \Sigma_{ii}, \Sigma_{ij}, v_{nk}, \tau, \Omega_{nk}$  はケミカルポテンシャル、フェルミ分布関数、バンドインデックス、波数、0 Kでの電気伝導度テンソルの対角成分、非対角成分、電子の群速度、電子の緩和時間及びBerry曲率を表しています。まず、通常のゼーベック効果で見積もるべき熱電係数 $S$ は $S = \alpha_{ii}/\sigma_{ii}$ となり、式(2)で表される0 Kでの電気伝導度テンソルの対角成分に依存します。これはエネルギー固有値の $i$ 方向における微分として定義されるため、それほど困難なく求めることができます。

異常ネルンスト効果を評価する際に見積もるべき熱電係数 $N$ は $N = \alpha_{ij}/\sigma_{ii}$ となり、式(3)で表される電気伝導度テンソルの非対角成分に依存します。(この熱電係数 $N$ に関する式は応答関数の非対角項に関する成分を取り出し、 $\sigma_{ij}/\sigma_{ii} \sim 0$ とした場合に得られる。) 一般に式(3)は、内因性起因による異常ホール伝導率と呼ばれています。つまり、異常ネルンスト効果は熱誘起による異常ホール効果を見ていることに相当します。異常ホール効果の歴史的な経緯や詳細な議論は省くとして [7-13]、その起源は不純物などによる散乱に起源を求める外因的なものと [8-10]、電子波動関数の位相による内因的なもの[7]に分類ができます。本研究では内因性由来の異常ホール伝導率について焦点を当てています。

式(3)で用いられている $\Omega_{nk}$ はBerry曲率と呼ばれる物理量です。電子状態を記述するブロッホ波動関数が $|\psi_n(\mathbf{k})\rangle = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}}|u_n(\mathbf{k})\rangle$ とかける場合、Berry位相、Berry接続及びBerry曲率は以下のように表すことができます。

$$\phi = \oint \mathbf{A} \cdot d\mathbf{k} = \int \boldsymbol{\Omega} \cdot d\mathbf{S}, \quad (4)$$

$$\mathbf{A}_n(\mathbf{k}) = i\langle \psi_n(\mathbf{k}) | \nabla_{\mathbf{k}} | \psi_n(\mathbf{k}) \rangle, \quad (5)$$

$$\boldsymbol{\Omega}_n(\mathbf{k}) = \nabla_{\mathbf{k}} \times \mathbf{A}_n(\mathbf{k}). \quad (6)$$

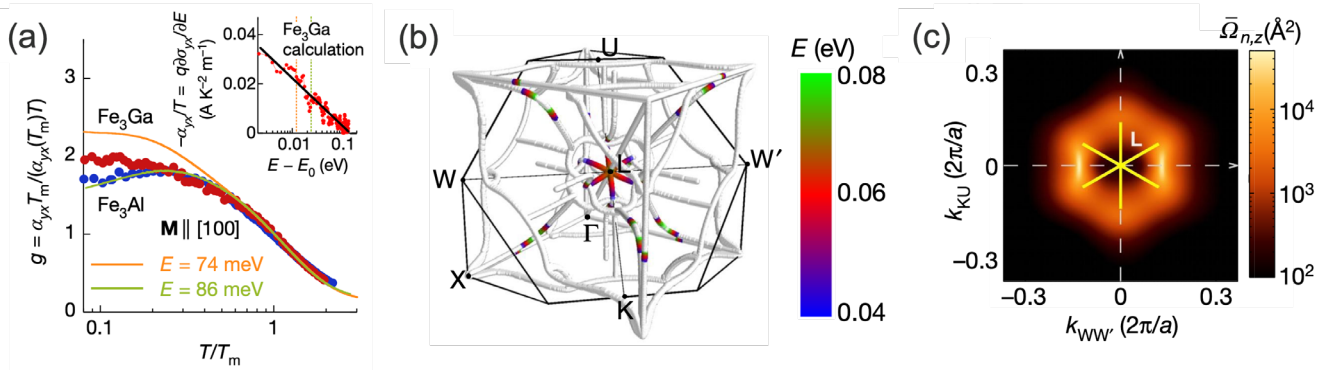


図2 (a) Fe<sub>3</sub>Ga、Fe<sub>3</sub>Alにおける量子磁気熱電効果の実験値(点)と理論値(実線)の比較。(b) Fe<sub>3</sub>Gaにおけるノーダルライン。カラーバーはノーダルラインのエネルギーを示す。(c) 逆格子空間上のL点近傍のBerry曲率。

式(6)が式(3)に現れているBerry曲率そのものであり、式(4)-(6)にあるようにBerry曲率は電子波動関数から計算される幾何学的位相つまりトポロジを反映する物理量となっています。式(3)で表される異常ホール伝導率は、系が巨視的な時間反転対称性を破る場合にのみ有限の値を示します。そのため強磁性材料では異常ネルンスト効果および異常ホール効果は有限となります。しかしながら、一般に、上述した条件を満たせばマクロに生じる磁化が有限ではなくとも、異常ネルンスト効果及び異常ホール効果が発現します。実際に、いくつかの反強磁性体において異常ホール効果、異常ネルンスト効果が観測されています [14–18]。

第一原理計算による量子磁気熱電効果の解析は計算コストとテクニカルな問題が生じるため困難さが伴いますが、ハイスループット計算を行うための手法や、物質設計の指導原理となりうる解析手法の開発にも取り組んできました。次に近年の量子磁気熱電効果に関する研究成果についてご紹介します。

### 3. 近年の量子磁気熱電効果に関する研究成果

#### ★ ハイスループット計算を用いた量子磁気熱電材料の探索

異常ネルンスト効果の解析には計算コスト及びテクニカルな問題が生じることが課題となっていました。新たな磁気熱電材料の効率的な探索のため、異常ネルンスト効果という非常に計算が複雑な物理量を自動的に計算することに成功しました。さらに、この手法を磁性体のデータベースに適用することにより、1400以上の磁性材料の量子磁気熱電性能を第一原理計算により評価し、候補となる物質を抽出しました。また、図2 (a) に示すように候補物質となったFe<sub>3</sub>Gaは第一原理計算により得られた熱電性能と実験によって測定された熱電性能は非常に良

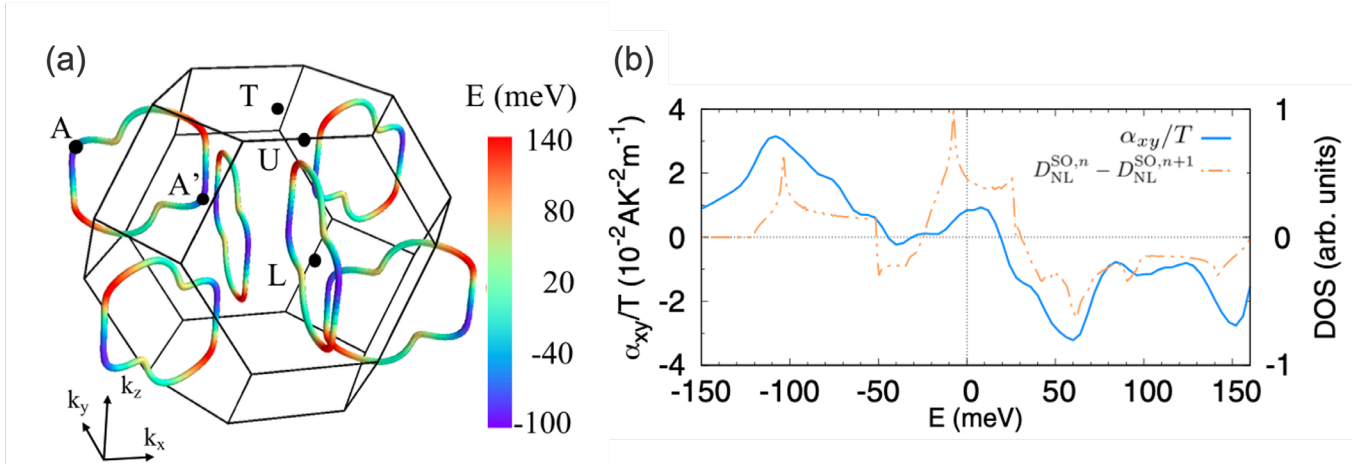


図3 (a)  $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ が有するノーダルライン。カラーバーはノーダルラインのエネルギーを示す。(b)  $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ における異常ネルンスト効果 $\alpha_{ij}/T$  (水色)と本研究で導入したノーダルライン上の状態密度 $D_{NL}$  (橙色)。

い一致を示しました [6]。

第一原理計算に基づく電子状態の詳細な解析から、巨大な量子磁気熱電効果にノーダルラインと呼ばれる特異な電子状態が寄与していることが明らかとなりました。ノーダルラインは2つのバンドが縮退している点の集合であり、 $\Delta\varepsilon(k) \equiv \varepsilon_n(k) - \varepsilon_{n+1}(k) = 0$ と定義されます。このような縮退している点は、図2(b)のように、結晶の対称性により定義される特定の面上に現れます。特に逆格子空間のL点近傍にノーダルラインが蜘蛛の巣上に凝集している領域があり、そのような領域で巨大なBerry曲率が誘起されていることが明らかとなりました。[図2(c)]

### ★ ノーダルラインによる量子磁気熱電効果の増大機構の予測

ハイスループット計算などによる量子磁気熱電効果の予測が可能となったものの、物質設計の指針を与える指導原理は未解明であり、量子磁気熱電効果をより簡単に推察するための指標、物理量が必要となります。先の研究でノーダルラインが熱電性能の向上に対し重要な役割を担っていることが明らかとなりました。本研究ではその点に焦点を当て解析を進めました。まず、式(6)で表されている波数空間全体の空間積分で表されているBerry曲率をノーダルラインが存在する波数のみに依存するという近似を入れます。詳細は割愛しますが、最終的には熱電伝導テンソルを $\alpha_{ij} \sim \Omega_{NL}^n(\varepsilon)(D_{NL}^n(\varepsilon) - D_{NL}^{n+1}(\varepsilon))$ として表すことができます。ここで、 $\Omega_{NL}^n, D_{NL}^n$ はそれぞれn番目のバンドが作るノーダルライン上でのBerry曲率及びノーダルラインが作る状態密度です。ここで、 $\Omega_{NL}^n(\varepsilon)$ を定数と仮定すると、最終的には量子磁気熱電効果の性能を表す $\alpha_{ij}$ は状態密度のみで推定することができます。Berry曲率の計算には波動関数の位相成分を取り扱うため計算コストが高

いですが、状態密度はエネルギー固有値のみで計算ができます。これにより、ノーダルラインという波数空間上での制約はありますがエネルギー固有値のみで量子磁気熱電効果の性能を推定することができるようになりました [19]。

実際にこのような近似が上手くいくのか、巨大な異常ネルンスト効果を示す典型的な磁性材料で解析を行いました。ここではフェルミエネルギー近傍にノーダルラインが生じるワイル半金属 $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ の結果について示します。図3 (a) に $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ のノーダルラインを示します。図3 (b) にノーダルラインから計算された状態密度と式(1)、(3)に従い計算した $\alpha_{ij}/T$ のエネルギー依存性を示します。異常ネルンスト効果が増大している領域は、本研究で導入した $D_{NL}$ のピーク構造がよく対応していることが分かります。他の巨大な量子磁気熱電応答が示されている磁性材料においても同様の傾向が見られ、ノーダルライン上で定義された状態密度 $D_{NL}$ は量子磁気熱電効果の性能を定性的によく再現することが示されました。また、ノーダルラインとその状態密度が、巨大な量子磁気熱電性能を引き出すためのひとつの指導原理となりうることを示唆されました。

#### 4. おわりに

本稿では第一原理計算に基づく量子磁気熱電効果（異常ネルンスト効果）の評価と著者の近年の研究成果についてご紹介しました。著者らはこれまで強磁性体材料に焦点を当て、量子磁気熱電材料の探索および、物資をデザインする上での指導原理の導出を目指してきました [20–23]。近年の研究成果として、第一原理計算に基づく系統的な量子磁気熱電材料の探索や特徴的な電子状態に焦点を当て、簡易的に量子磁気熱電効果の推定などが可能となりました [6,19]。一方で、反強磁性体など、これまで考慮してこなかった磁気秩序下での効率的な量子磁気熱電性能の解析手法が必要となります。また、より大きな系での量子磁気熱電性能の評価、応用を見据えた解析などに取り組むたいと考えています。

#### 参考文献

- [1] Y. Sakuraba, *Potential of Thermoelectric Power Generation Using Anomalous Nernst Effect in Magnetic Materials*, *Scr. Mater.* **111**, 29 (2016).
- [2] M. Mizuguchi and S. Nakatsuji, *Energy-Harvesting Materials Based on the Anomalous Nernst Effect*, *Sci. Technol. Adv. Mater.* **20**, 262 (2019).
- [3] J. Wang, A. Miura, R. Modak, Y. K. Takahashi, and K. Uchida,



- Magneto-Optical Design of Anomalous Nernst Thermopile*, Sci. Rep. **11**, 11228 (2021).
- [4] S. Nakatsuji and R. Arita, *Topological Magnets: Functions Based on Berry Phase and Multipoles*, Annu. Rev. Condens. Matter Phys. **13**, 119 (2022).
- [5] H. Tanaka, T. Higo, R. Uesugi, K. Yamagata, Y. Nakanishi, H. Machinaga, and S. Nakatsuji, *Roll-to-Roll Printing of Anomalous Nernst Thermopile for Direct Sensing of Perpendicular Heat Flux*, Adv. Mater. 2303416 (2023).
- [6] A. Sakai, S. Minami, T. Koretsune, T. Chen, T. Higo, Y. Wang, T. Nomoto, M. Hirayama, S. Miwa, D. Nishio-Hamane, F. Ishii, R. Arita, and S. Nakatsuji, *Iron-Based Binary Ferromagnets for Transverse Thermoelectric Conversion*, Nature **581**, 53 (2020).
- [7] R. Karplus and J. M. Luttinger, *Hall Effect in Ferromagnetics*, Phys. Rev. **95**, 1154 (1954).
- [8] J. Smit, *The Spontaneous Hall Effect in Ferromagnetics I*, Physica **21**, 877 (1955).
- [9] J. Smit, *The Spontaneous Hall Effect in Ferromagnetics II*, Physica **24**, 39 (1958).
- [10] L. Berger, *Side-Jump Mechanism for the Hall Effect of Ferromagnets*, Phys. Rev. B **2**, 4559 (1970).
- [11] D. Xiao, Y. Yao, Z. Fang, and Q. Niu, *Berry-Phase Effect in Anomalous Thermoelectric Transport*, Phys. Rev. Lett. **97**, 026603 (2006).
- [12] N. Nagaosa, J. Sinova, S. Onoda, A. H. MacDonald, and N. P. Ong, *Anomalous Hall Effect*, Rev. Mod. Phys. **82**, 1539 (2010).
- [13] D. Xiao, M.-C. Chang, and Q. Niu, *Berry Phase Effects on Electronic Properties*, Rev. Mod. Phys. **82**, 1959 (2010).
- [14] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, and T. Higo, *Large Anomalous Hall Effect in a Non-Collinear Antiferromagnet at Room Temperature*, Nature **527**, 212 (2015).
- [15] M. Ikhlas, T. Tomita, T. Koretsune, M.-T. Suzuki, D. Nishio-Hamane, R. Arita, Y. Otani, and S. Nakatsuji, *Large Anomalous Nernst Effect at Room Temperature in a Chiral Antiferromagnet*, Nat. Phys. **13**, 1085 (2017).
- [16] L. Šmejkal, R. González-Hernández, T. Jungwirth, and J. Sinova, *Crystal Time-Reversal Symmetry Breaking and Spontaneous Hall Effect in Collinear Antiferromagnets*, Sci. Adv. **6**, eaaz8809 (2020).
- [17] Y. Pan, C. Le, B. He, S. J. Watzman, M. Yao, J. Gooth, J. P. Heremans, Y. Sun, and C. Felser, *Giant Anomalous Nernst Signal in the Antiferromagnet YbMnBi<sub>2</sub>*, Nat. Mater. **21**, 203 (2022).
- [18] H. Zhang, J. Koo, C. Xu, M. Sretenovic, B. Yan, and X. Ke, *Exchange-Biased Topological Transverse Thermoelectric Effects in a Kagome Ferrimagnet*, Nat. Commun. **13**, 1091 (2022).
- [19] S. Minami, F. Ishii, M. Hirayama, T. Nomoto, T. Koretsune, and R. Arita, *Enhancement of the Transverse Thermoelectric Conductivity Originating from*

- Stationary Points in Nodal Lines*, Phys. Rev. B **102**, 205128 (2020).
- [20] S. Minami, F. Ishii, Y. P. Mizuta, and M. Saito, *First-Principles Study on Thermoelectric Properties of Half-Heusler Compounds Co M Sb (M = Sc, Ti, V, Cr, and Mn)*, Appl. Phys. Lett. **113**, 032403 (2018).
- [21] R. Syariati, S. Minami, H. Sawahata, and F. Ishii, *First-Principles Study of Anomalous Nernst Effect in Half-Metallic Iron Dichloride Monolayer*, APL Mater. **8**, 041105 (2020).
- [22] H. Nakamura, S. Minami, T. Tomita, A. A. Nugroho, and S. Nakatsuji, *Logarithmic Criticality in Transverse Thermoelectric Conductivity of the Ferromagnetic Topological Semimetal CoMnSb*, Phys. Rev. B **104**, L161114 (2021).
- [23] T. Chen, S. Minami, A. Sakai, Y. Wang, Z. Feng, T. Nomoto, M. Hirayama, R. Ishii, T. Koretsune, R. Arita, and S. Nakatsuji, *Large Anomalous Nernst Effect and Nodal Plane in an Iron-Based Kagome Ferromagnet*, Sci. Adv. **8**, eabk1480 (2022).

## Profile

京都大学工学研究科機械理工学専攻材料物性学研究室 助教

1993年、新潟県上越市に生まれる。2015年、金沢大学理工学域数物科学類を卒業。2017年に同大学自然科学研究科数物科学専攻博士前期課程修了。2020年、同大学自然科学研究科数物科学専攻博士後期課程修了後、博士号取得。2020年から東京大学理学系研究科物理学専攻特任研究員および特任助教を経て、2023年から京都大学工学研究科機械理工学専攻助教に着任。

研究室HP : <https://material.me.kyoto-u.ac.jp/ja/>

## 2023年度九州支部春の行事開催のご報告 ～JR九州名物列車乗車の旅、モノづくり出前授業、子供教室～

中村久志（S56/1981卒）

九州支部では長年続けています「各所を巡るツアー」と「モノづくりの魅力を若い人達へ伝える」活動の見学会を春の行事として6月17・18日（出前授業16日）に開催しました。会員・関係者13名がご参加くださいました。以下、概要報告です。



### 1. 6月17日 「A列車で行こう」試乗と世界遺産「三角西港」見学

17日は熊本駅集合。普通列車（キハ47）で三角駅へ。熊本駅出発直前に、「ななつ星」がやってくる嬉しい出来事もあり、出発前から気分最高！

三角では、世界遺産でもある「三角西港」をそぞろ散策。明治の初期、日本を発展させた先達の偉業に思いを馳せました。

熊本への帰路、特急「A列車で行こう」に乗車。ハイボール片手にジャズと八代海の車窓をたっぷり楽しんだ40分の旅でした。

その後「モノづくり組」と合流し懇親会。モノづくり談議に花を咲かせたり、今回は、会員のご友人である作家の方などの参加もあり、機械系とは違う方面の話題などでも大いに盛り上がりました。



## 2. 6月18日 「SL人吉号」試乗

18日は、今年で運行が終了するJR九州快速「SL人吉号」に乗車（熊本⇒鳥栖）。熊本駅にSLが入ってくる時点ですでにワクワク、ドキドキ！動き出して間もなく、西南戦争の激戦地「田原坂」を黒煙を上げて登る様子、玉名駅での撮影タイム、座席では、各々「動力伝達のしくみ云々」のうんちくがさく裂！あっという間に、鳥栖駅に到着いたしました。

JR九州の名物列車を堪能した2日間でした。



## 3. モノづくりオプションツアー

### ◆6月16日 久留米高専での出前講義（授業）

藤川さん（昭和42年）による「エネルギーの話」講義。昨年、オンラインで好評を博した授業を、今年は学校へ伺い、教室で行うことができました。参加学生は、3、4年生機械系約100名。皆さん興味津々の面持ちで、その真剣さが伝わってきました。また、女性の学生さんの多さに驚きました。

### ◆6月17日 崇城大学での「子供モノづくり教室」

相馬さん（昭和50年）による、小学生対象の「モノづくり教室」。子供たち約20名が、自分で考え、図面（絵）にしたものを、実際にいろいろな材料を加工しながら、形にしていきます。3時間の長丁場ですが「全集中」で取り組んでいました。「自分で考える」が最重要とのこと。



## 4. 結び

九州支部では「楽しむ」「社会貢献」をキーワードに活動しています。今回の行事もそれに沿った形で計画・実施いたしました。懇親会の席で「モノづくり」について、参加者全員で語り合ったことなど、楽しい思い出とエピソード満載な行事となりました。ご参加・ご協力いただいた皆様、ありがとうございました。

## 特許の話

藤川卓爾(S42/1967卒)

三菱重工業株式会社在職時に仕事の一環として「特許」を出願した。特許が成立した場合は所有権を会社に譲渡することになる。毎年4月になると「発明週間」というのがあって、特許出願件数の番付が発表される。大相撲の番付のように東（長崎造船所）方と西（長崎研究所）方に分かれて上下2段になっている。筆者は入社20年目の昭和63（1988）年に初めて番付に載り、平成2（1990）年にようやく上の段に上がった。それでも前頭六枚目だった。

筆者の経験では、特許は会社の仕事の中では極めて恵まれた仕事だと思う。

- ① 原稿を出せば、きちんとした申請書をきれいに書いて貰える。
- ② フリーハンドの図を出せばきれいな添付図を描いて貰える。

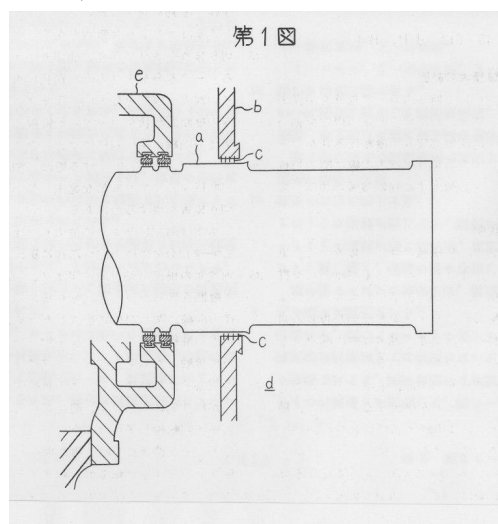
会社の中でこんな仕事は他にはないと思われた。

ただ、書き始めが大切である。通常業務に忙しく、なかなか勤務時間中には書き始めることが出来ない。筆者の場合は昼休みに書き始めた。

何時もアイデアを貯めておくことが重要であり、思いついたことをメモ紙に書いて引き出しに入れておくことよい。アイデアは困ったことがあれば出てくることが多い。

特許は出願すれば登録されるという訳ではない。必ずと言っていいほど「拒絶理由通知書」が来る。それに対して多い時には複数回やりとりをしてようやく認許される。

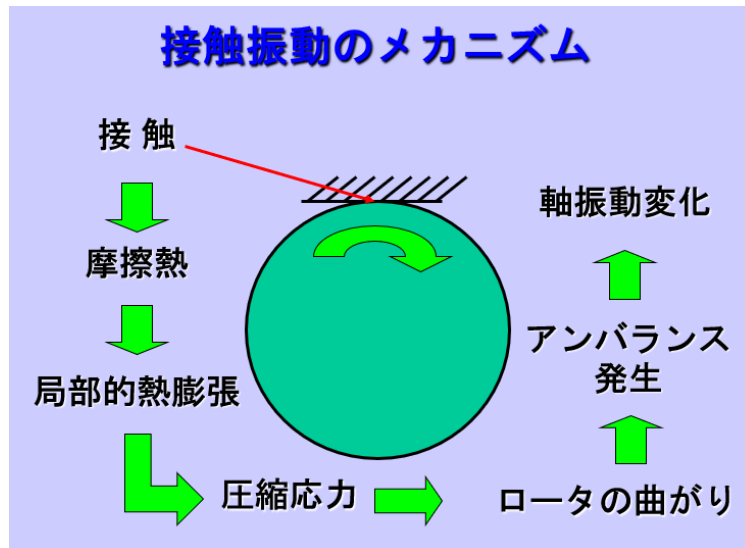
一例として「回転軸の油切装置」を紹介する。



「回転軸の油切装置」（従来型：左がタービン車室、右が軸受台）

## ① 従来のもの課題：

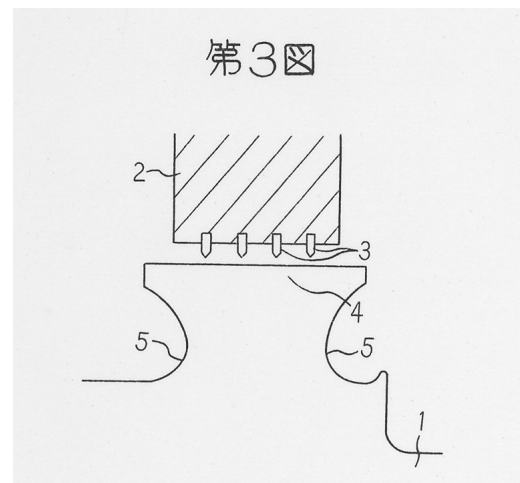
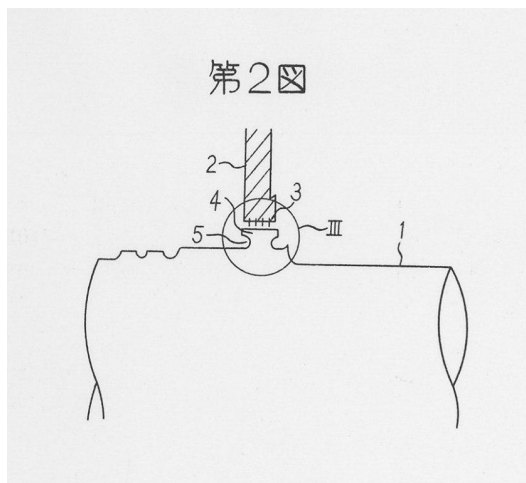
蒸気タービンのグラウンド（車室の端部で静止部と回転部の隙間から蒸気や空気が漏洩しないように蒸気でシールする部分）と隣接している軸受の油切では、油が過熱されて炭化し、軸と接触して振動を発生することがある。そのメカニズムは下図のとおりである。



接触振動のメカニズム

## ② 具体的解決策：

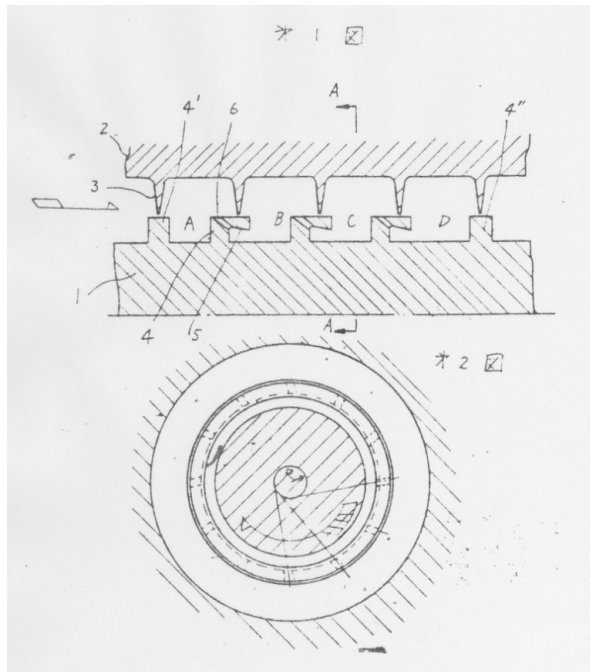
軸に「つば」を設ける → 接触しても「つば」の部分だけが膨張するが、軸は曲がらない。



「回転軸の油切装置」（筆者出願）

これを出願すると、早速「拒絶理由通知書」が来た。「つば付きの軸」と言う構造に対して、株式会社日立製作所の先願ありと。（この先願は現在「特許情報

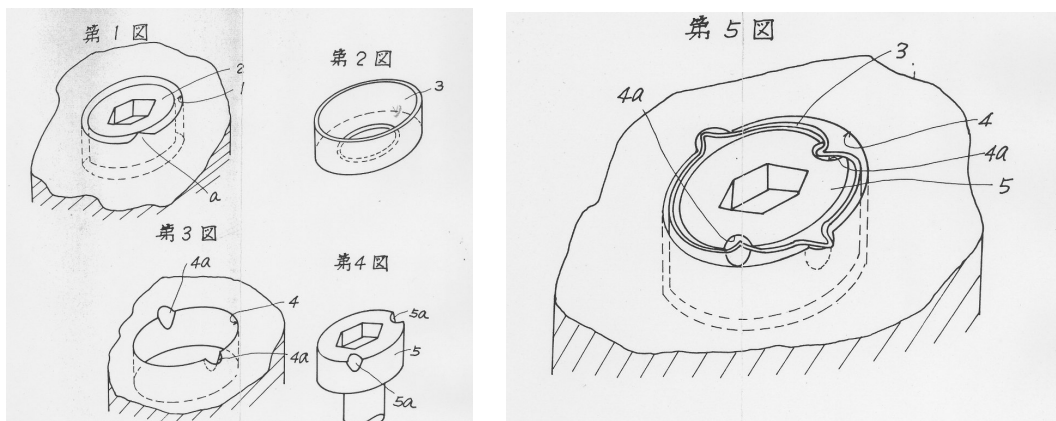
プラットホーム「J-PlatPat」で検索してもヒットせず、日立製作所で調査して貰っても見つからなかったが、同社の出願であったことは間違いない。)



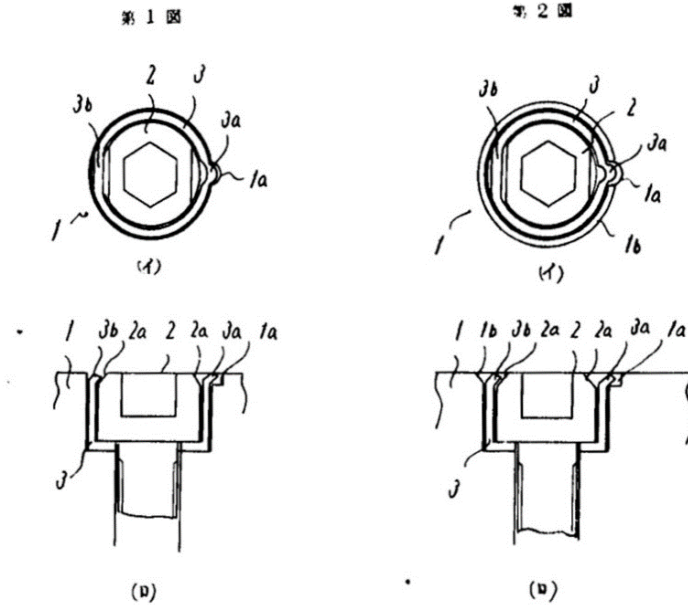
「軸シール装置」 (日立製作所先願)

これに対して、引例 (日立製作所先願) は目的が異なる (遠心力によって下流側の蒸気を上流側に戻す) と反論し認許された。その後、この発明は多くの蒸気タービンに適用されている。

「拒絶理由通知書」に接して、諦めた考案もある。座繰り穴の「ボルトの周り止め装置」の出願をしたが、先願があり反論できないと判断して諦めた。「拒絶理由通知書」に添付された先願は出願者名を記録していなかったため、著作権に配慮して本稿に図を引用するのは控える。その代わりに「特許情報プラットホームJ-PlatPat」で検索した三菱電機株式会社出願の「穴付きボルト周り止め装置」の図を示す。既に同じことを考えた人がいたのである。

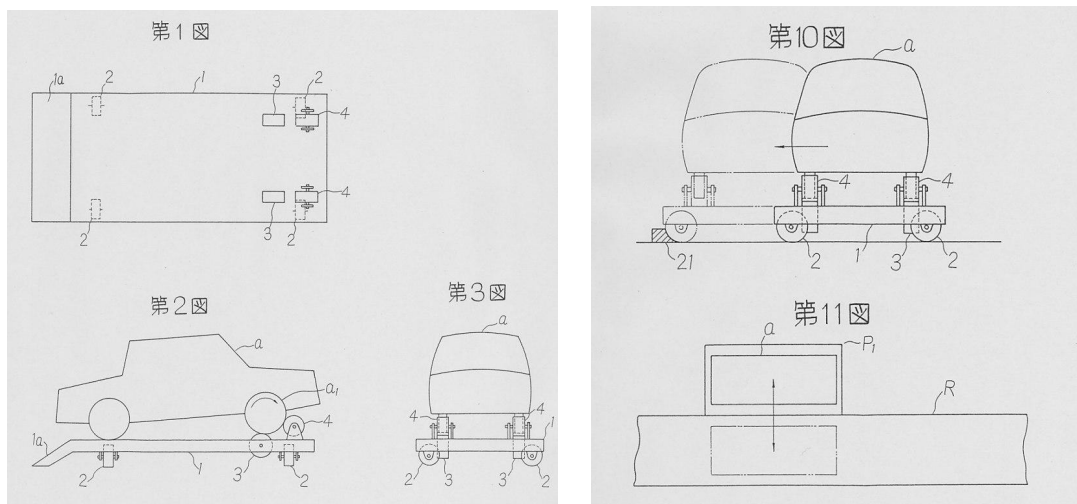


「ボルトの周り止め装置」 (筆者出願)



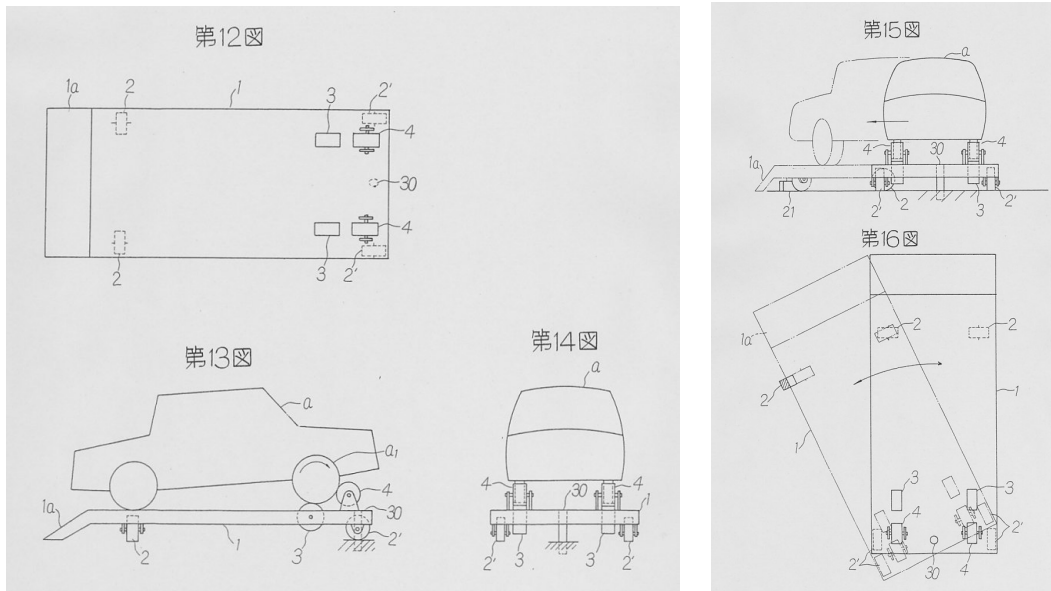
「穴付きボルト周り止め装置」の先願（三菱電機株式会社出願 実全昭57-006816）

蒸気タービンとは直接の関係がないが、日常生活で不便を感じたので、「車移動装置」を2種類考えた。車を車台に乗せて、車の車輪で駆動機構を回して車台を移動する。一つは平行移動、もう一つは回転移動である。



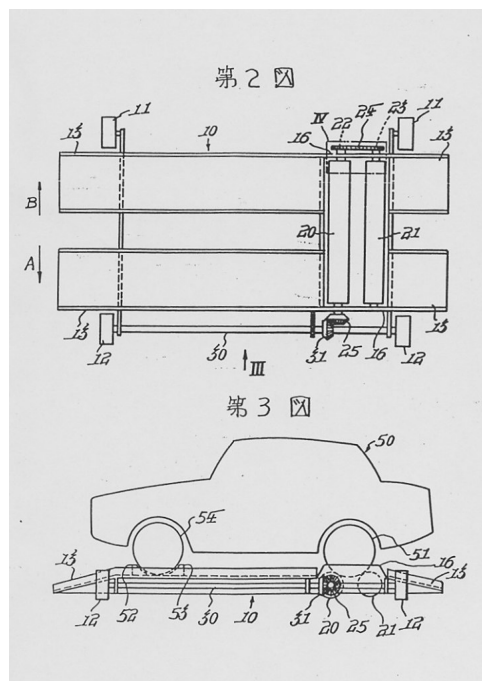
「車移動装置」（筆者出願 平行型）





「車移動装置」（筆者出願 回転型）

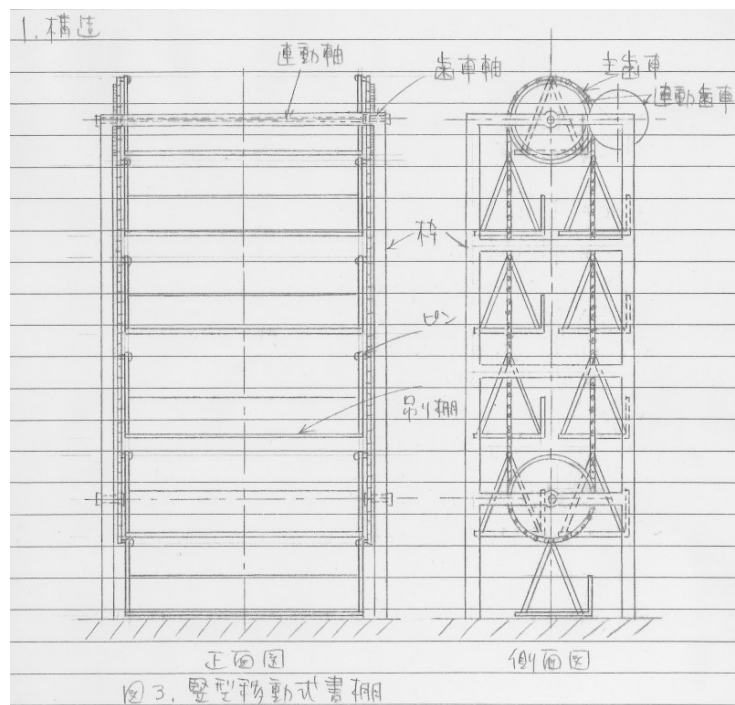
自分ではよく考えたものだと思ったが、どちらも「拒絶理由通知書」が来て諦めた。平行型は昭和53（1978）年に三菱自動車工業株式会社が出願していた。回転型は出願者名を記録しておらず、「特許情報プラットフォーム J-PlatPat」で検索してもヒットしなかったため、著作権に配慮して本稿に図を引用するのは控える。



「自動車の移動装置」の先願（平行型 三菱自動車工業株式会社出願 実開昭53-70587）

もう一つ、会社での仕事に関連して思いついたのが「縦型移動式書棚」である。

書類保管棚が上下に移動できるので、オフィス内で人が別のフロアに移動することなく書類を共用することができる。



「縦型移動式書棚」 (筆者考案)

これを提出したところ、長崎造船所の特許担当部門からは「当社の製品でない  
ので会社からは申請できない、出したければ個人で出せ。」と言われた。その後、  
三菱重工業横浜製作所が立体駐車場として同種の構造の製品を世に出した。あの  
ときに個人で出願しておけば、後に特許料収入を得ることが出来ていたかもしれ  
ない。

## S42関東同期会

長崎 啓(S42/1967卒)

令和5（2023）年7月14日（金）にS42卒（S38入学）関東同期会・愛称「金時  
会」が開催されました。コロナ感染拡大の期間に令和2（2020）年12月と令和4  
（2022）年1月にオンライン同期会が開催されましたが、対面開催は3年8カ月ぶ  
りで12人が参加しました。会場の北品川「金時」はコロナ禍を耐え抜き、女将、  
旦那とも元気でした。



左から 藤川卓爾、側島克信、古川 遵、檜村 勝、岡 毅遥、中野善文、  
元木敏雄、平尾 隆、前野幹彦、長崎 啓、若園 修（頭だけ）、松浦重治

恒例の「現状報告」では、健康問題、趣味やボランティア、生き甲斐の話、ゴ  
ルフや健脚の話、墓じまいや終活の話など、積もる話に花が咲きました。

以上