

新型コロナウイルスとセンターのこれまで

伊藤 和人

情報メディア基盤センター長

2019 年 11 月に確認された新型コロナウイルス(COVID-19)は、日本国内で 2020 年 1 月に感染が確認され、その後感染が広がった。対応のため埼玉大学では主要催事である 3 月の卒業式と 4 月の入学式が中止となった。緊急事態宣言の発令と緊急事態措置に基づき 2020 年 4 月 9 日から 6 月 7 日まで学生の入構が禁止された。2020 年度講義開始を 2 週間遅らせ、その間にインターネットを活用した遠隔授業の準備が進められた。4 月 27 日の授業開始後、幸いなことに本学では遠隔授業については大きなトラブルは起きていない。

本稿執筆時点(2020 年 7 月)までに新型コロナウイルス感染に対応して情報メディア基盤センターが行ってきた事項を記す。

2020 年 3 月 30 日に情報メディア端末室を閉鎖した。学生等が端末室の PC を自由に利用できるよう 2019 年度第 4 ターム終了後も端末室を開放してきたが、本学図書館の情報端末設置個所の閉鎖を受けて、情報端末利用希望者が密集することを避けるため、端末室の閉鎖を決定した。2020 年度第 1・2 タームには約 30 の授業で端末室利用申請があったが、すべて遠隔授業となり、現在も端末室閉鎖を継続している。

学生の入構禁止により、学生証および教務システム利用に必要な統一認証アカウント通知書などを新入生に手渡しできなくなった。これらは郵送されることとなり、そのため、基盤科目履修登録期限日までに統一認証アカウントが手元に届かない事態が懸念された。この問題に備えて、学生から申請があった場合に合格通知の写真提示により本人確認を行い、ファイル転送サービスを利用して統一認証アカウントを通知する手順を用意した。実際に複数件の申請があったが、履修登録が無事に行えたものと思う。

新年度学生ガイダンスは、講義の履修方法説明や大学生活案内を行うものであるが、学生を集めて対面で行うことはせず、ガイダンス動画を作成して学生に視聴させることとなった。当センターで動画ストリーミング配信サービスを契約し、各学部などからガイダンス動画を受領してサーバにアップロードする作業を請け負った。

遠隔授業ツールとして Zoom が導入された。教育企画課が中心となって運用を行って頂いているが、導入時の仕様策定や初期設定などの技術面で当センターが支援している。

その他にも、リモートワークを見据えて学外からの VPN 接続の増強、Microsoft Teams の有効化などを行った。

学内基幹ネットワーク機器および各種サーバについて、3 年間に渡り徐々に更新を行ってきた。計画していた更新が 2020 年 3 月に一通り完了し、十分な性能のシステムに置き換えられたと考えている。本学の教育、研究が止まることのないよう、これからも新たなニーズに応えるとともに安定した情報メディア基盤サービスの提供に尽力して行きたい。

ヒューズの性能向上のためのシミュレーションソフトウェアの適用 ～その 3～ 溶断時間特性の改善

山納 康

1. まえがき

電気回路で事故が発生した場合、事故の影響が上流系統の電気回路まで波及しないように、回路には保護継電器や遮断器、そしてヒューズなどの保護装置が複数設置される。ヒューズは、価格が極めて低廉であること、小型で軽量であること、遮断容量が大きいこと、短絡電流に対して限流効果を持ち、遮断時間が極めて短いといった優れた特長を持つことから、保護機器として多用されている。しかしながら、その他の保護装置との協調の適用を誤ると、これらの優れた特性が十分に発揮されずに無用の長物になり得てしまう。電気事故の波及を最小限に止めるためには、回路上に複数ある保護装置間の協調が重要であり、そのためには各保護装置の電流と時間で決まる動作特性が交差しないことが基本となる。

この電流と時間で決まる動作特性は、ヒューズにおいては溶断時間－電流特性、または溶断特性（ $I-t$ 曲線）と呼ばれている。どの保護装置においてもこのような動作特性は装置固有の特性を持っている。ヒューズにおいても、この特性はそれが持つ定格電流を連続通電しても動作（ヒューズにおいては溶断）してはならないだけでなく、一定以上の過負荷電流が通電されたときは、これに相応する一定時間に動作（溶断）することが求められる。従って、保護対象となる機器や回路に合わせて、ヒューズの溶断時間－電流特性は適切に選ばれる必要がある。ユーザーの要望や回路の保護対象に合わせてこの特性を変えるには、ヒューズエレメントを適切な形状に設計すれば良い。そのためにはヒューズの電流－伝熱シミュレーション技法を適用すると効率的な設計を行うことができる。一方で、小さい過負荷電流に対する溶断時間特性を改善するために、ヒューズでは電流通電部となるヒューズエレメントの一部に低融点金属を付けることで、比較的小さな過負荷電流に対して溶断時間を速める「M 効果」が利用されている。この M 効果は以前から報告されている^[1]が、M 効果を使った溶断時間の正確な予測には未だ至っていない。今後ヒューズの過電流に対する不要溶断やヒューズ筒の過加熱を防ぎ、溶断特性を制御するには、M 効果の動作原理に基づいた数値計算を利用した設計手法の確立が必要である。そのためには M 効果の動作過程における拡散速度を求める必要がある。

本論文では、先ずヒューズの溶断時間－電流特性のための設計ツールとして、電流－伝熱の連成計算の適用を紹介する。これにより実際にヒューズを製作する前に予め溶断時間－電流特性を予測できるようになり、ヒューズエレメントの材質や形状の違いによって、その特性がどのように変化するか定量的に把握できることになる。本論文では単純なヒューズエレメントに対して形状の違いによる溶断時間－電流特性の変化を示す。また、実際のヒューズ

ーズでは、M 効果が適用されたヒューズエレメントが利用されているが、これを含めた計算のための基礎データを求め、M 効果を含めたヒューズの溶断時間－電流特性について議論する。

2. 電流－伝熱シミュレーションによるヒューズ溶断特性の改善

電流が流れた時のヒューズエレメントの温度分布を知る上で、電流－伝熱の連成計算は非常に有用な手段である。本研究では前々報^[2]、前報^[3]で用いたシミュレーションソフト COMSOL Multiphysics® (以下、COMSOL と称する)による電流－伝熱シミュレーションを利用した。COMSOL は、有限要素法による電流－伝熱の連成計算ができ、ヒューズエレメントの温度分布を調べることができる。

シミュレーションは、実際の寸法に合わせて作製したヒューズエレメント(図 1 参照)及びヒューズボックス(図 2 参照)のモデルを作製し、それに電流を流した際の発熱及び伝熱を計算するという方式で行った。

これらのシミュレーションモデルを構成する材料については、ヒューズエレメントは銅製であり、ヒューズボックスはアクリル製の容器と銅端子、消弧砂 (SiO_2) からなる。銅と PMMA の材料の物性値はシミュレーションソフトに設定されているものをそのまま用いた。消弧砂の物性値は、過去の溶断時間試験の結果を基に算出し決定した。消弧砂は SiO_2 と空気の多孔質媒体で模擬し、 SiO_2 の体積分率を 0.9 とした。表 1 に使用した材料の計算上用

表 1 シミュレーションに用いた物性値

物質	熱伝導率 [W/(m・K)]	比熱容量 [J/kg・K]	密度 [kg/m ³]	抵抗率 [Ω・m]	抵抗温度計数 [1/K]
PMMA (ヒューズボックス器)	0.19	1420	1190	—	—
純銅 (エレメント, 端子部)	400	385	8960	1.72×10^{-8}	0.0039
SiO_2 (消弧砂)	0.2	460	1100	—	—

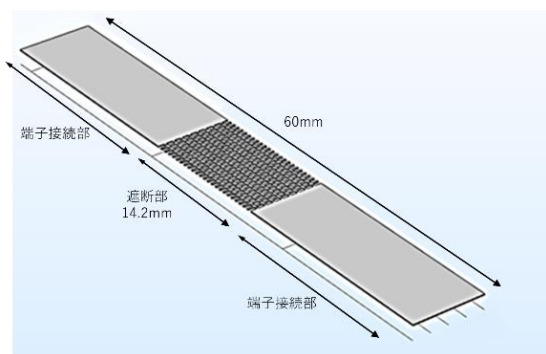


図 1 ヒューズエレメントモデル例

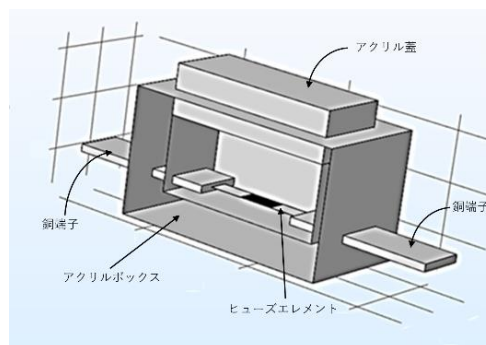


図 2 ヒューズボックスモデル例

いた物性値を示す。

本研究の大きな目標は、M 効果ヒューズの溶断時間の予測シミュレーションであるが、COMSOL を利用した M 効果を含めた溶断過程の計算を行うための前段階として、ヒューズエレメントが銅材料のみの溶断時間予測の手法について述べる。

今回は、図 3 に示すような銅製の単純ヒューズエレメントの溶断シミュレーションを行う。このヒューズエレメントには、局所的な電流密度の上昇を引き起こさせるため、エレメント中央に狭小部、さらにくびれを設けている。ヒューズは本来ヒューズリンクに入れられ、消弧砂によって再発弧を抑制している。今回のシミュレーションでは、実験条件に即した方法で溶断時間の予測を行うため、図 4 のようなヒューズボックスを設定して計算を行った。シミュレーションで使用したモデルを図 5 に示す。印加電流は 50, 80, 100, 500, 1000, 5000, 10000 A の 7 種類で波形はステップ波形とした。

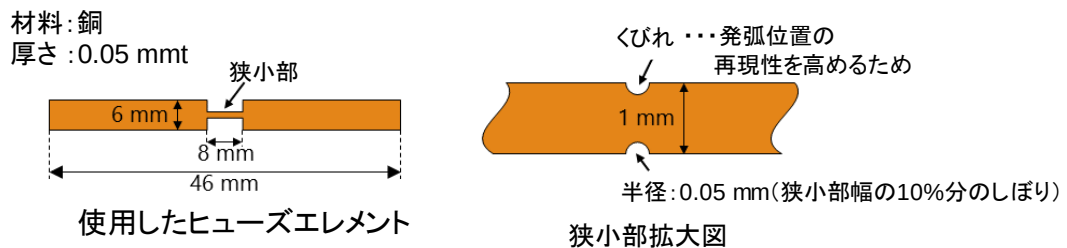


図 3 単純ヒューズエレメントの設計図

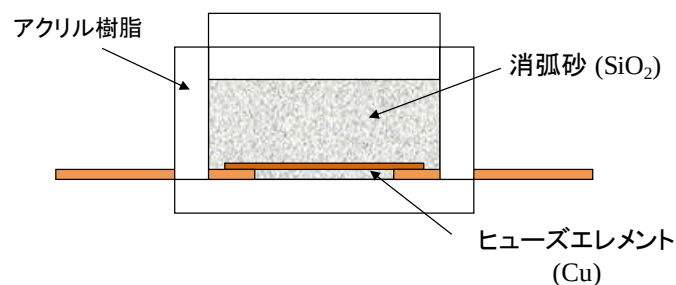


図 4 実験に使用したヒューズボックス

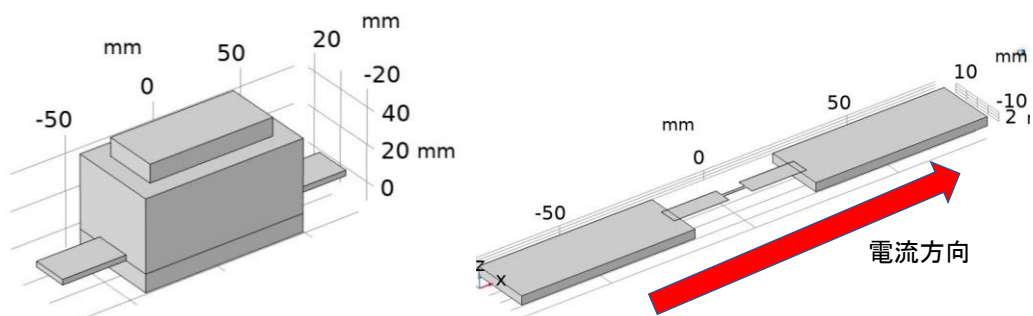


図 5 シミュレーションモデル

シミュレーション結果の一例として、1000 A 通電してから 1.15ms 経過後のエレメント表面の温度分布を図 6 に示す。図からヒューズエレメントは狭小部、特にくびれ部で高温となっており、狭小部以外はほとんど温度が上昇していないことも分かる。また、1000 A 通電時のエレメント断面の温度分布を図 7 に示す。図からエレメントで発生した熱は消弧砂にほとんど伝わっておらず、厚さ方向に対して 0.03 mm 程度しか伝わっていないと分かる。

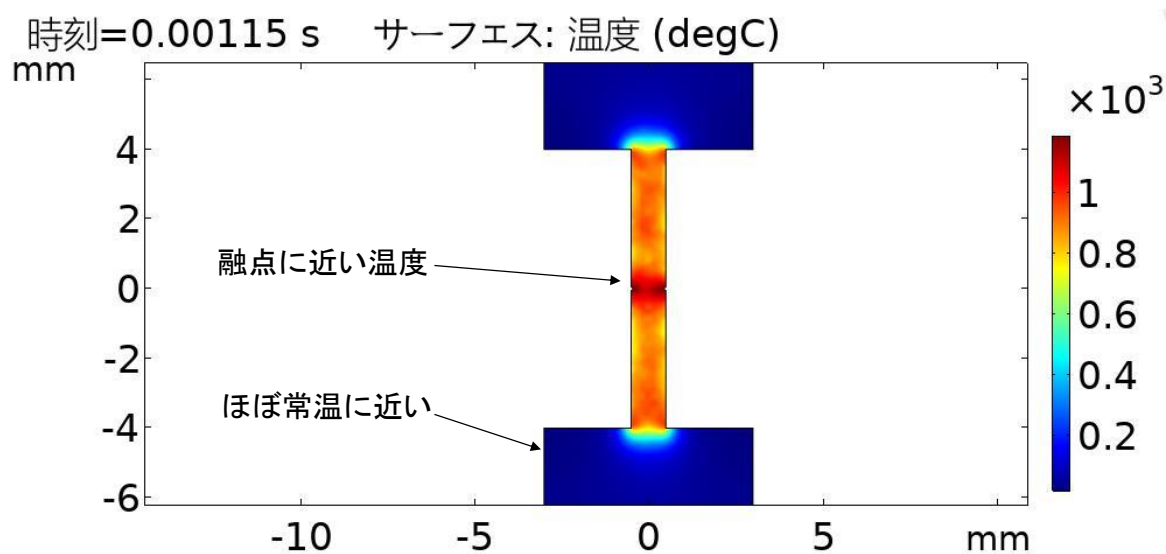


図 6 1000 A 印加時のエレメントの表面温度分布

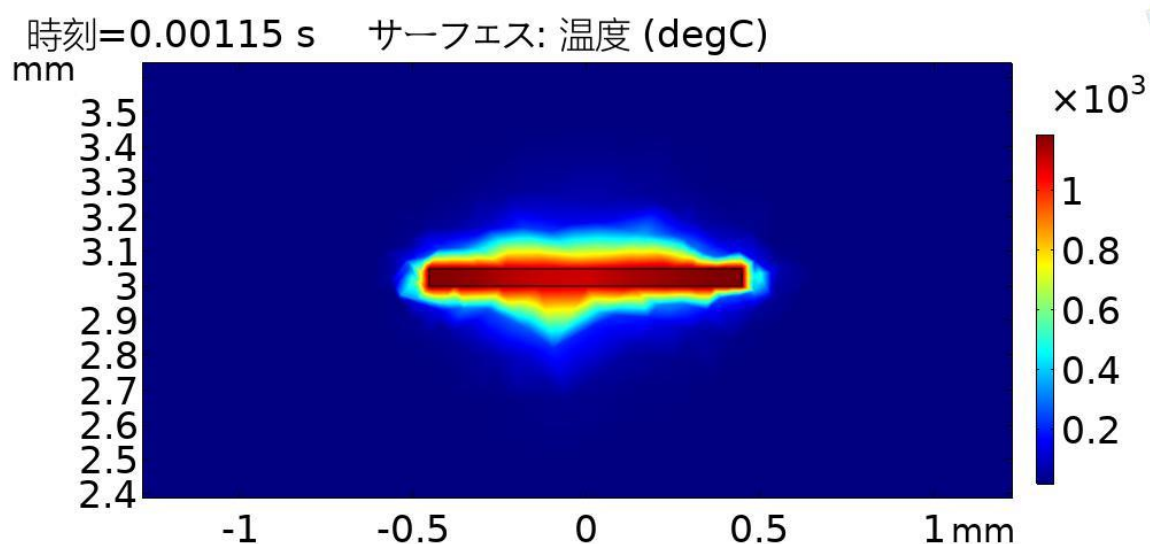


図 7 1000 A 印加時のエレメントの断面温度分布

次に 50 A 通電してから 20000 秒(約 5 時間 30 分)後のエレメントの温度上昇の様子を同様に以下に示す。図 8 は 20000 秒経過後のエレメント表面の温度分布であり、図から分かる通り、エレメント全体は 500 °C から 600 °C 付近まで上昇しており、狭小部のみ融点の 1000 °C 付近まで上昇していることが分かる。

同様に断面の温度分布をヒューズボックスを含めて図 9 に示す。図に示す断面は狭小部のちょうど中心点である。図から、小電流で通電時間が長くなったことが理由で、消弧砂全体に熱が伝わっていることが分かる。これより長時間の溶断には消弧砂の熱伝導率が重要になることが分かった。

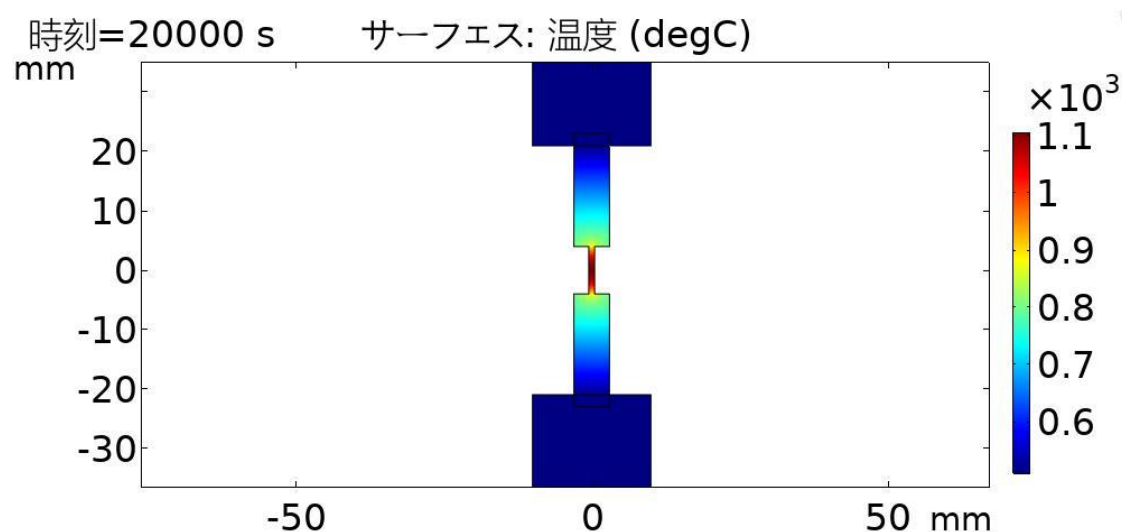


図 8 50 A 印加時のエレメントの表面温度分布

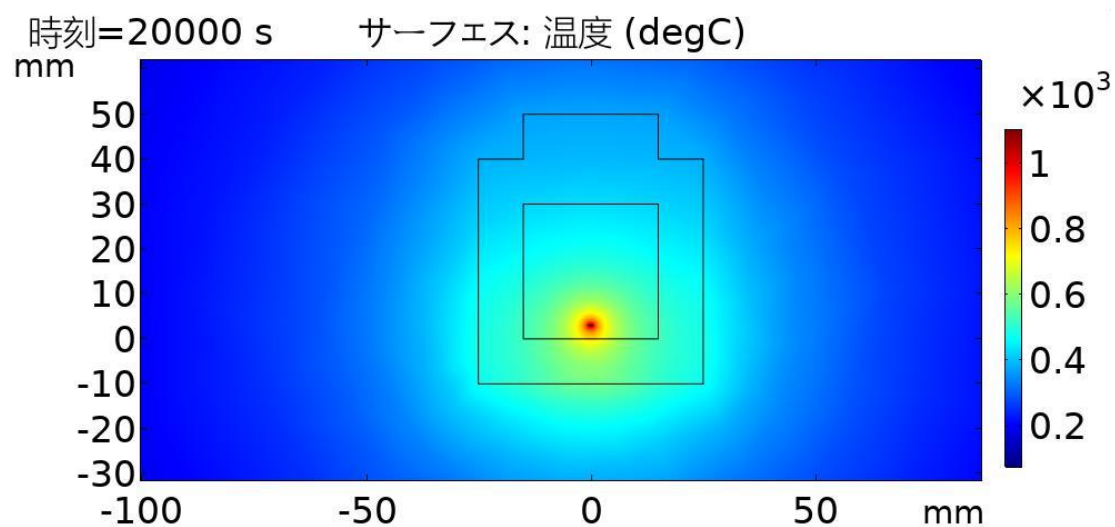


図 9 50 A 印加時のエレメントの断面温度分布

狭小部のくびれの半径を変更したとき、溶断時間の変化の比較を行う。これにより溶断時間－電流特性のグラフの変化を確認する。

また、放熱部の厚さを 2 倍に変更したときの溶断時間－電流特性の変化についても確認する。なお、放熱部とは、狭小部をはさんだ両側の幅広のエレメント部のことである。

図 10 および図 11 から分かる通り、くびれ部の半径を大きくすると大電流通電時の短時間溶断において溶断時間が短くなり、放熱部の厚みを 2 倍にすると小電流通電時の長時間溶断において溶断時間が長くなっていることが分かる。この様にヒューズエレメントの形状を変えることで溶断時間－電流特性を適切に変えることができる。

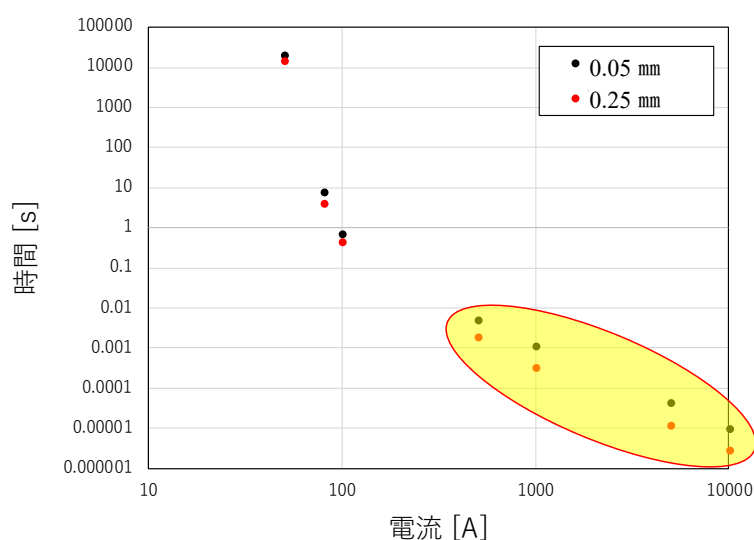


図 10 くびれ部 0.05 mm と 0.25 mm (比較値) の溶断カーブ

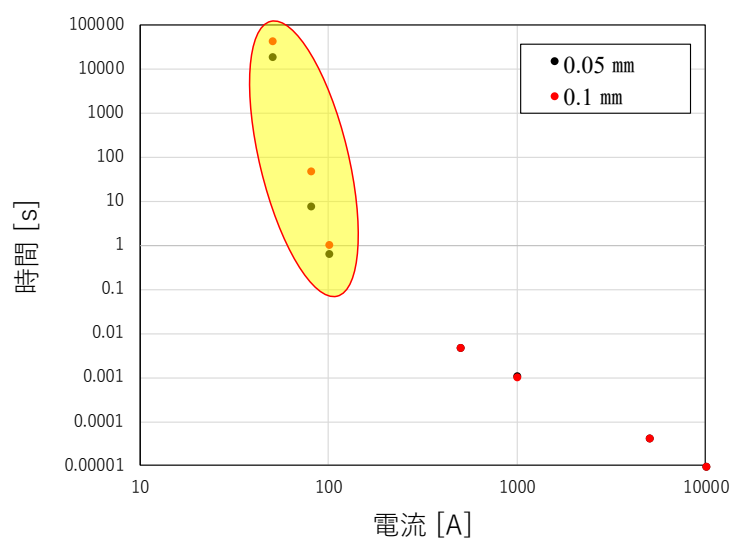


図 11 放熱部 0.05 mm と 0.10 mm (比較値) の溶断カーブ

3. M 効果による溶断時間－電流特性計算のための基礎特性

〈3.1〉 M 効果

1 節の「まえがき」にも述べた通り、ヒューズにおいては定格電流の 1.5 倍～3 倍程度の比較的小さな過負荷電流に対して溶断時間を速める M 効果が用いられる。M 効果は、ヒューズエレメントに低融点の金属を付着させたものに過電流を通電すると、次のような動作を辿り溶断に至る現象である。

ヒューズに過電流を通電するとヒューズエレメントを通過する電流によってジュール熱が生じ、この熱が低融点金属に伝導される。低融点金属の抵抗率はヒューズエレメントの材質と比較して大きく、そこには電流がほとんど流れずに直接的なジュール加熱は低融点金属ではほとんど発生しない。一定時間が経過し、低融点金属が溶融するまでヒューズエレメントの温度が上昇すると、溶融した低融点金属と固体のヒューズエレメントに拡散反応が生じる。この拡散反応によって、低融点金属とヒューズエレメント材による合金が形成される。その合金の電気抵抗率はヒューズエレメントよりも高い電気抵抗率を持つ。電流の大部分は拡散反応の進んでいないヒューズエレメントの断面を通り、電流密度が高くなる。それに伴いヒューズエレメントの温度上昇を引き起こし、拡散反応が起こっている低融点金属の取り付け箇所のみ局所的に高温になり、低融点金属の温度も上昇させる。その結果、両金属の拡散反応は温度に依存するため、その拡散速度も上昇する。この相互作用によって銅板の電流密度の増加とともに、より高い温度、より速い拡散速度を生じさせる。M 効果による溶断とは、この低融点金属とヒューズエレメントの拡散が促進され、溶断まで至る一連の動作のことである。

〈3・2〉 拡散速度

本論文で使用するヒューズのヒューズエレメントは純銅とし、低融点金属はすずを用いた。ヒューズエレメントの温度が一定でエレメント材の銅と低融点金属のすずの拡散反応による濃度が時間変化するとき、液体すず中の銅元素の濃度は、Fick の拡散第二法則に従う。拡散が一方向にだけ進むと仮定すると拡散現象は(1)式の様に表される。その解は(2)式になり、濃度 C に関する正規分布関数となる。よって正規分布関数の性質より x と t の関係は(3)式として近似できる^[4]。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$C = \frac{c_0}{2\sqrt{\pi Dt}} \exp\left(\frac{-x^2}{4Dt}\right) \dots\dots\dots (2)$$

$$\overline{x^2} = 2Dt \dots\dots\dots (3)$$

(1)式において、 C はすず中の銅の濃度、 c_0 は定数、 D は拡散係数、(3)式の $\bar{x}$ は金属間の境界面の変位である。本実験では三つの条件で定温加熱実験を行い、銅板と合金の境界面の平均移動距離 $\bar{x}$ を測定し、拡散係数 D を求めた。

〈3・3〉 活性化エネルギー

物質の拡散反応速度を、分子の持つエネルギーに着目し温度依存の関数として表すと

(4)式となり、この式はアレニウスの式と呼ばれる^[1]。両辺対数を取ると、アレニウスプロットと呼ばれる直線が得られ、その勾配から温度と拡散係数の関係を表す活性化エネルギーを求めることができる。

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \dots\dots\dots (4)$$

〈3・4〉 定温加熱実験

一定温度における銅とすずの拡散速度を調査するため、縦 6 mm、幅 46 mm、厚み 0.1 mm の銅板に幅 1 mm、厚み 0.1 mm のすずのめっきを施したヒューズエレメントを用いて定温加熱実験を行った。加熱にはホットプレートを使用し、熱電対によりホットプレート上の温度を測定しながら調節し、供試ヒューズエレメントの温度を一定に保つことで実験を行った。

〈3・5〉 実験結果

300℃定温加熱時のヒューズエレメントの断面を図 12 に示す。加熱時間と共に銅とすずの合金が銅板に入り込んでいることが分かる。加熱時間に対する合金の侵入深さの二乗の関係を図 13 に示す。ここで $\bar{x}$ は図 12 に示すような銅とすずの境界面の移動距離の平均である。(3)式で表されるような近似直線を各温度で描き、拡散係数を求め、(4)式で表されるような活性化エネルギーを算出すると $Q=6.14 \times 10^4 \text{ J/mol}$ となった。

本実験結果から算出した活性化エネルギーは上記のようになったが、他の論文を参照すると、 $4.06 \times 10^4 \text{ J/mol}$ ^[5]や、 $8.17 \times 10^4 \text{ J/mol}$ ^[6]となっており、その値が異なっている。これは、液体のすずが固体の銅に対して十分量であるかどうかや、観測前にすずと銅の合金を生成させているかなど、実験条件の違いから生じる差異であると考えられる。3 つの実験方法の違いを考慮すると本研究の実験方法はその中間に位置するといえ、結果から得られる活性化エネルギーの値も、その中間にある。本論文で得られた結果は、M 効果ヒューズの溶断過程における拡散速度および活性化エネルギーの変化を表しており、溶断時間を予測する際の手助けとなる。

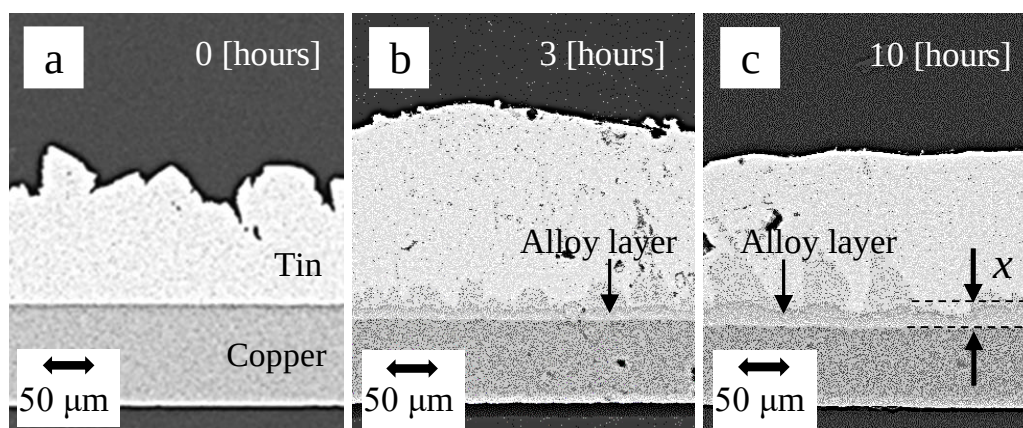


図 12 300℃一定で 3 時間および 10 時間加熱したときのエレメント断面の様子

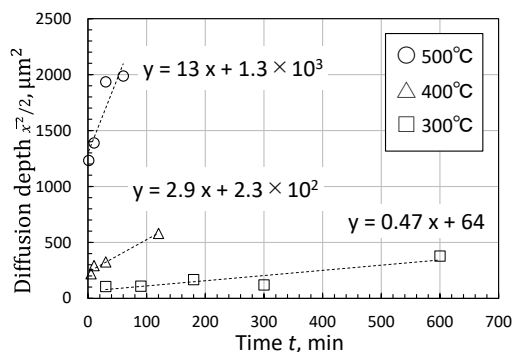


図 13 $\bar{x}^2-t$ の特性

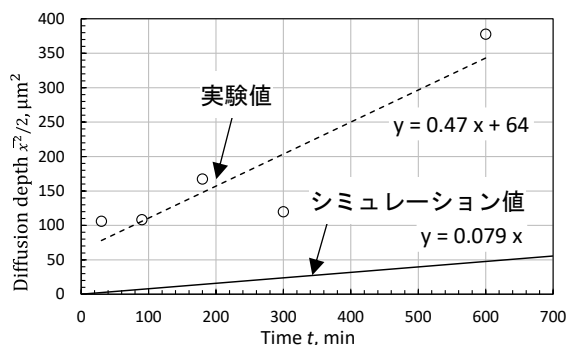


図 14 実験値とシミュレーションの比較

300°Cにおける拡散速度を用いて銅板内部のすずの濃度変化についてシミュレーションし、実験値と比較した。図 14 に比較図を示す。

実験条件および観測時間は図 13 と同様で、(3)式を導出する際の標準偏差に従い、濃度分布の最大値の 68.5%を溶質金属の拡散距離と仮定し、その後原点を通るように近似直線を描いた。実験結果と計算値に違いが生じた原因は溶断の初期段階における拡散速度が大きく異なること、濃度変化のシミュレーションによる拡散距離の推定方法および拡散過程における(3)式の正確さなど、未だ評価の出来ていない要素がある。また、溶断の初期と加熱 10 時間後では温度一定下においても拡散速度は遅くなっていると考えられるが、これは図 12 にあるような合金層が純粋な銅とすずの接触の妨げとなり拡散速度に影響を及ぼしていると考えられ、これら全ての動作を考慮し計算に落とし込むためには、溶断過程における拡散条件や活性化エネルギーの変化の検討が必要である。

4. まとめ・今後の展望

本論文では、ヒューズの溶断時間の予測、特に M 効果を含めた溶断時間の予測をすることを目的として研究を行った。本研究の結論を以下に示す。

- (1) ヒューズに対し電流－伝熱シミュレーションを適用することで、ヒューズエレメントの形状を変えた時の溶断時間－電流特性を得ることができた。
- (2) 本研究の実験条件下で、各温度における拡散係数は以下の表の通りとなった。

表 2 各温度の拡散係数

温度 [°C]	[m²/s]
300	7.75×10^{-15}
400	4.84×10^{-14}
500	2.21×10^{-13}

- (3) 各温度の拡散係数から活性化エネルギーを求めるとその値は 6.14×10^4 J/mol と算出された。

今後、実験により求めた活性化エネルギーを用いて M 効果ヒューズの電流、伝熱および拡

散の様子を模擬する方法を提案し、シミュレーションによって溶断時間を予測することで M 効果ヒューズの設計のための一助となることを目指している。

参考文献

- [1] D.A. Beaujean, M.G. Jayne, P.G. Newbery: “Determination of M-effect diffusion parameters in high breaking capacity fuses”, IEE Proc. Sci., Vol.142, No.2, pp.162-168(1995)
- [2] 山納:「ヒューズの性能向上のためのシミュレーションソフトウェアの適用 ～その 1～」, 埼玉大学情報メディア基盤センター年報, Vol.25, pp.12-18(2017)
- [3] 山納:「ヒューズの性能向上のためのシミュレーションソフトウェアの適用 ～その 2～高電圧直流ヒューズに対して」, 埼玉大学情報メディア基盤センター年報, Vol.26, pp.8-14(2018)
- [4] Jost, W.:“Diffusion in solids, liquids, gases”, Academic Press, New York, revised edn.(1960)
- [5] 勝川・山口:「Cu の液体 Sn への溶解現象」, 日本金属学会誌, Vol.31, No.12, pp.1387-1391 (1967)
- [6] 宮下・奥田:「スズめっき被覆した Cu-Sn 合金の加熱拡散処理について」, 金属表面技術, Vol.32, No.9, pp.453-458 (1981)

最適なものを見つけるための専用計算機

大久保 潤

1. 最短の経路を探す

《計算》と聞くと、小学校以来の「数字をたす、ひく」などを思い浮かべる人が多いかもしれない。けれど、そういった数字の計算とは違う、「良いものを探す」ための専用の計算機が世の中にはある。ここでは最近研究が進み、実際に利用できるようになりつつある特殊な計算機にまつわる話を綴ってみたい。具体的には量子コンピュータや量子計算の話、すでに実用化と販売もされているアニーリング形式の計算機の話、そしてそのアニーリング形式にまつわる筆者の最近の研究の話である。

突然ではあるけれど、図 1 に提示する問題を考えてみたい。似たような問題がいくつか知られているし、とても有名なものなのでご存知の方も多いかもしれない。ここでの問題は「川に挟まれた二つの家をつなぐ最短経路、つまり早く到着できる経路はどのようなものか」というものである。なお、陸地と川の部分があるが、川を渡るときは膝まで水に浸かり、じゃぶじゃぶと水をかき分けながら進む必要があるため、歩みが遅くなることに注意する必要がある。

本文を読み進める目を止めて、図 1 を眺めてちょっと考えてみて欲しい。さて、最短経路はどのようなものだろうか？

最短経路だから直線、と単純に思うかもしれない。試しに、図 1 には単純に二つの家を直線でつないだ経路を示してある。目的地にできるだけ最短の時間で到着することを目指すとき、果たしてこれが本当に最短の経路だろうか？

この問題のポイントは、陸地と川とでは移動速度が異なるということ。次のページの図 2

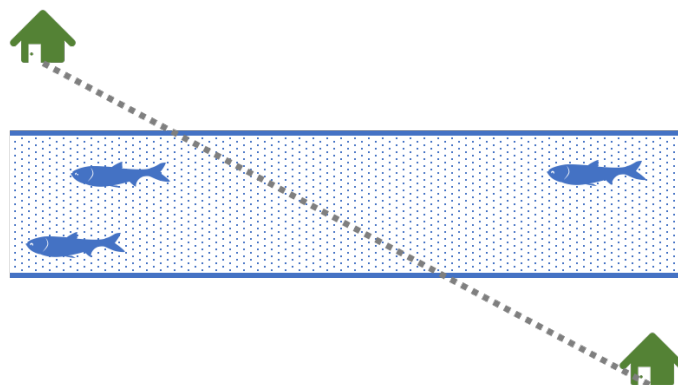


図 1 2つの家をつなぐ最短経路は？

注) 本稿は、筆者の研究の一端をできるだけわかりやすく紹介することを意図した《読み物》です。

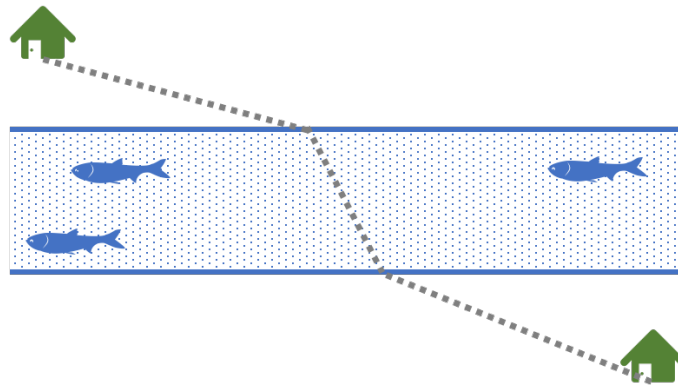


図 2 川を渡る時間を考慮した最短経路

に解答のイメージを示している。川を渡るのには時間がかかるため、できるだけ短い距離に抑えておきたい。図 2 に示した経路では、陸地を歩く距離は図 1 と比べて長くなるものの、全体の移動時間は短くて済む、ということになる。

頭の体操という感じの問題ではあるものの、実は意味するところは深い。ガラスのような物質の板にレーザーを照射すると、図 2 のような光の軌道を描くことがある。水の中に細い光を照射すると水面のところで光が曲がる現象を、理科の授業で実験したことがあるかもしれない。光の軌道をこの「最短経路」の問題との類似で考えてみると、光は「最適な経路」を自分で探しているのではないか、と思えてきて、不思議な感じがする。

実は物理学では「変分原理」という概念が知られている。光の軌道も、手にしたボールが地面に落ちる軌道も、何かしらの関数を最適にするような軌道になっている、という考え方。ここでは細かい話はしないけれど、ここでのポイントは、自然界の物理現象を「最適なものを探すような形」として書くことができる、ということ。このような形での理解が、実は《情報処理》へとつながっていく。私たちは Google 検索などで「探す」ことを日常的におこなっているけれど、自然界での「探す」ことを利用した計算機が作られつつある。

2. 量子コンピュータのひとつの考え方

スマートフォンも含めて、現在のコンピュータはいわゆるデジタルコンピュータと呼ばれるものである。0 と 1 の数字の組み合わせを操作していき、何かしらの《計算》や《処理》を実行していく。

最近になって、新聞やニュースにおいても「量子コンピュータ」という用語を目にする機会、耳にする機会が増えてきたように感じる。量子コンピュータというのは、デジタルコンピュータとは異なり、「0 と 1 の状態の重ね合わせを利用する」と説明されることが多い。ここでは少し違う観点から、量子コンピュータの原理を説明してみたい。

そこで、先ほどの「最短経路」の問題に戻ってみよう。素朴に考えると、二つの家を結ぶ経路というのは色々とありうる。私たちの世界では、その色々な経路について、時間がかか

る、かからない、などの性質を考えることができるけれど、実は量子的世界、非常に小さいミクロな世界では少し違うことが起きる。ざっくりと表現すると、量子的世界ではそれぞれの経路について「波」のような性質を考えることになる。「光は波であり、粒である」という表現を耳にしたことがあるかもしれない。その「波」のことである。

さて、波はぶつかると打ち消しあったり、強めあったりする。その性質を、この経路の話に使ってみよう。それぞれの経路に「波」の性質が加わる。つまり、経路に沿って上下に波打っている、というイメージである。すると、隣り合った経路の「波」の上下の様子がずれていると打ち消しあってしまい、逆に揃っていると強めあって生き残ることになる。

量子を扱う物理の道具に《経路積分》というものがある。これは「すべてのあり得る経路について足し合わせる」というもので、つまり、二つの家を結ぶすべての経路を考えて、それぞれに「波」の性質を付け加えて、すべてをいっぺんに考えてみる、というものである。先ほど説明した「波」の性質によって、ある経路は弱められるし、ある経路は強められる。こうして本当の経路が浮かび上がってくる。私たちの世界ではこの「波」の性質はほとんど見えなくなってしまって、決まった一つの経路のみが観測される。つまり、量子的世界ではボールは色々な落ち方をしているけれど、波の性質が弱まる私たちの世界では、ボールはただ落ちるだけ。量子的世界は色々な可能性を一気に扱っている。様々な経路が並存している。量子的世界の現象を説明しようとするとき、この《経路積分》という考え方がとても役立つ場合がある。

ポイントは、一つの経路だけを考えていても「打ち消し合う」かどうかわからない、ということ。「すべてのあり得る経路をいっぺんに考える」からこそ「打ち消し合う」。量子的世界では、「すべてを、いっぺんに」という考え方が自然と現れてくる。これが「0と1の状態の重ね合わせ」という、デジタルコンピュータでは実現できないような高速な処理を実現するポイントである^[1]。この性質をもとに、現状では理論的なレベルではあるけれども、インターネットでもよく利用されているRSA暗号を破る手法が提案されたりもしている。そして、理論上の産物ではなく、実際のハードウェアとしての量子コンピュータの実装も進んでいる。まだ実用化できるような規模のハードウェアは完成していないものの、普通のデジタルコンピュータでは何万年、何億年もかかるような計算を、量子コンピュータを使えばぱっと解くことができると期待されている。もちろん、もしそんな時代がきても安心な暗号についての研究も現在進められているので、ご安心を。

3. アニーリング専用計算機

暗号を解くようなタイプの量子コンピュータは、まだ扱える問題のサイズが小さくて、実用化は遠い。一方で、少し違う形式の「量子コンピュータ」はすでに実用化され、販売されている。それが「量子アニーリング形式」と呼ばれるもので、このハードウェアはまさに「良いものを探す」ための専用のマシン、である。

カーナビでの最短経路の探索や、工場内でのロボットの最適な移動経路など、「探す」ための計算は応用範囲が広い。「探す」ためにはとにかく色々な経路を試して、どの経路が良いものかどうかを調べるのが基本ではあるものの、試すべき経路の数が多いと非常に時間がかかってしまう。そこで、「ベストの解」を探すことを諦めて「近似的に良い解」を探すことで探索時間を短くするという現実的な方法がとられることが多い。そのための古典的な手法に「シミュレーテッド・アニーリング」と呼ばれるものがある。「アニーリング」とは日本語で「焼きなまし」に対応する。刀を作る際、熱してから冷やすことで強く硬くするための、あの「焼きなまし」である。温度を上げると柔らかくなって、色々なところを「探す」。温度を下げると硬くなる、つまり「良いところ」に落ち着く。仮想的に、ではあるけれど、温度を上げたり下げたりして良い解を探そう、というアイデアに基づく計算手法が「シミュレーテッド・アニーリング」である。

この「温度」の代わりに、先ほどから説明している量子の「波」としての性質を使うのが「量子アニーリング」であり、この原理に基づく計算機が実際に販売されている。カナダの D-Wave 社が作っている計算機。さてそのお値段は……、10 億円を越す。販売、と言っても、この値段だとなかなか購入するのは難しい。Google や NASA が購入したという話はあるものの、実際にはクラウドサービス、つまりインターネットを通じて計算機をレンタルで利用させてもらうという形での利用が主なものになっている。

細かい原理については省略するけれど、実際にこの D-Wave を産業用途に使ってこう、という試みが色々となされている²。そして、この「探すこと」に特化した計算機の重要性が見えてきたこともあり、日本企業も次々にこの業界に参入してきている。日立製作所や富士通は量子効果を使うのではなく、「デジタル」である半導体をうまく工夫することで、「探すこと」専用の計算機を作っている。なんだ、量子じゃないのか、と思われるかもしれないが、なにしろ量子の世界はとても繊細で、温度が高くなるとすぐに乱されてしまう。そのため、D-Wave の計算機には低温化の装置が必要なものだけれど、これがいわば「超高性能な超巨大冷凍庫」で、とにかく大きいため、なかなか手元に置くことはできない。一方で、半導体であれば小型化も容易であり、安価でもある。さらに、量子の世界ではビット数、つまり計算できる問題の規模を増やすことはなかなか難しいものの、半導体であればお手のもの、ということで、すぐに広い実用化に結びつきそうなのが半導体を利用した計算機にも注目が集まっている。

4. 専用計算機を使うための作法

さて、探すこと専用の計算機の話をしてきたけれど、今のところ、これらの専用計算機には「専用の入力」が必要となる。通常の計算機であれば、プログラムを書いてそれを実行させる。でも、こちらは探すこと専用の計算機なので、これまでとは異なる特殊な形の「入力」が必要となる。その形式で入力すれば、探した結果が「出力」されてくる、という利用方法

$$0.625 = \underline{1} \times \frac{1}{2} + \underline{0} \times \frac{1}{4} + \underline{1} \times \frac{1}{8} + \dots$$

$$0.625 \Rightarrow [1, 0, 1, \dots]$$

図 3 小数を「ビット」で表現する

である。

その特殊な形を説明する前に、小数をデジタルで扱う方法について触れておく。デジタルでは「0か1」しか扱えない。大きい数を表すには1を足していけばよい、と思うかもしれないが、1より小さい数字をどのようにデジタルで扱えばよいのだろうか。図3にその扱い方を示す。1/2や1/4など、基本となる数字が「存在しないのか、存在するのか」を「0と1」で表現することで、小数を表現できる。もちろん、すべての小数を表すためには、すごい数のビットが必要となるが、ある程度のビット数で近似しても十分な場合が多い。

さて、探すこと専用の計算機の話に戻ろう。

半導体で作られた計算機では、連続的な値を直接は扱えないため、先ほどのようなビットでの表現が必要となる。また、量子コンピュータは「0と1の状態の重ね合わせ」なので、0から1の間の連続的な値をとり、アナログのような印象を受けるけれど、やはり「0と1」が基本となる。そのため、専用の計算機を使うための「入力」は、やはり「0と1」を利用した形が必要となる。

ここでの目的は「良いもの」を探すことである。そのためには、例えばある経路を決めて、その経路の「コスト」を数式で表現する必要がある。その「コスト」が小さくなる経路を探す、ということなのだけれど、現在の専用計算機では、図4の下に表したような数式の形が

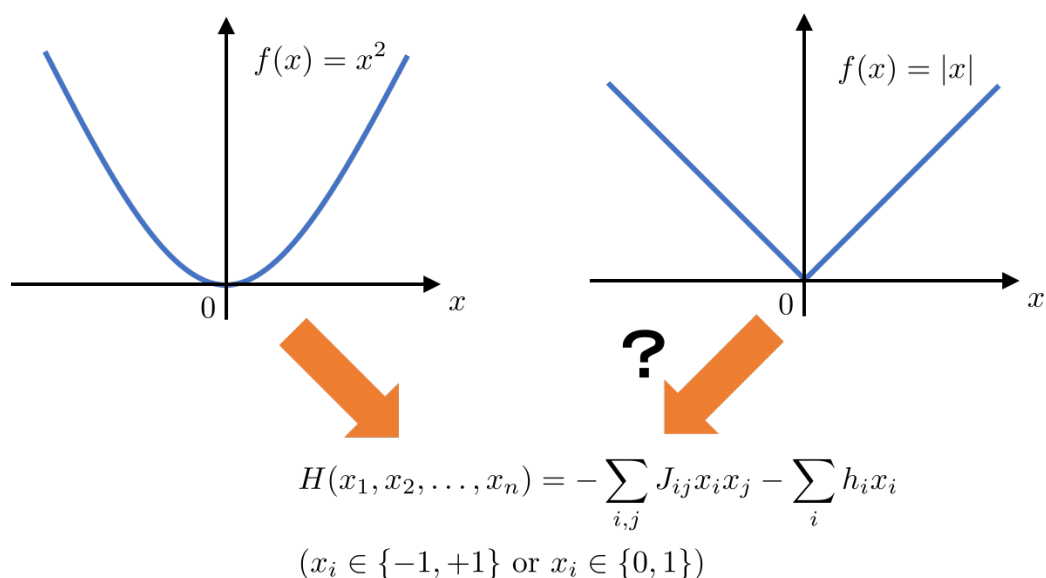


図 4 2次関数・絶対値関数とアニーリング計算機に必要な「入力形式」

「入力」となる。 x_i というのが探すべき変数で、経路を指定する位置のようなもの。もちろん、「位置」ならば連続値をとるため、先ほどのようにビットで表現しなおす必要がある。 J_{ij} や h_i というのが問題に応じて設定された値で、ここを調整することで、経路を探す問題や金融で投資先を探す問題など、様々な問題に対応できる。つまり、これが通常のコンピュータにおけるプログラムのようなものと言える。

図 4 の上には単純な関数を 2 つ示した。図 4 左上の x^2 の形は、もともと「2 つの変数のかけ算」の形をしているため、図 4 下の「入力形式」と相性が良さそうである。実際、簡単にこの「入力形式」を作ることができる。ところが、実は今のところ、解きたい問題をこの「入力形式」に書き換えるための一般的な方法が知られていない、という問題点がある。例えば、図 4 右上の絶対値関数は、 $x=0$ において扱いづらそうな形をしている。しかし、最近の信号処理や画像処理などでは、この絶対値関数のような形状を含んだコスト関数を考えることが多くなっている。果たして、このような関数を、専用計算機の「入力形式」に書き換えることはできるのだろうか？ もし書き換えられなかったら、開発された専用計算機の用途が大きく制限されることになってしまうのではないだろうか？

この疑問に応えるべく、様々な研究が行われている。ルジャンドル変換と呼ばれる数学的な変換を用いることで、滑らかではない関数、つまり、「カクッと」変化する部分をもつ関数の一部を、この「入力形式」に書き換えられることが明らかとなった^[3]。絶対値関数ほどの「カクッと」した形は、この変換だけではなかなか難しかったものの、筆者らの研究により、最大化問題を最小化問題に書き換えるウルフの双対定理とルジャンドル変換を併用することで、専用計算機の「入力形式」への書き換えが可能であることが示された^[4,5]。これで、先ほど述べたような信号処理や画像処理における最近の手法を、専用計算機を利用できるように書き換えられるようになった。

残っている問題点としては、書き換えることは可能になったものの、書き換える際にそれなりの数の余分な変数が必要になることなどが挙げられる。現在は専用計算機の扱える問題のサイズは小さい。一昔前のパソコンで、小さなプログラムしか実行できなかったり、保存容量が小さかったり、ということと同じような状況である。もちろんハードウェアの進展は速く、扱えるサイズも大きくなりつつあるが、それでも余分な変数を使う余裕はそれほどない。もっと賢い書き換えの方法や、存在すれば、の話ではあるけれど、一般的な書き換えの方法を探すことが必要となってくる。

5. 良いものを探すこと

現代のコンピュータに期待する役割として、「探すこと」は大きい。インターネットでの検索はもちろん、検索をする際の候補となる単語も「探して」くれるし、ショッピングでは過去の購入履歴からおすすめ商品を「探して」くれる。目的地を入力すれば、安い、短時間で、などの基準ごとに経路を「探して」くれる。最近話題の人工知能の要素技術である機械

学習も、手元にあるデータをうまく説明するモデルを「探す」ことで学習が進む。

ただし、探す際のポイントはその「評価基準」である。何を基準に探すのか、その設定によって結果が大きく変わる。先程の目的地への経路検索での、安い移動方法、短時間での移動方法、などの基準はわかりやすいけれど、インターネットでの検索がどのような基準でおこなわれているのか、よくわからない。広告価値という意味では検索の上位に表示されて欲しいと期待する企業は多いと思うものの、もしその基準が、ある特定の企業に有利に働くように設定されていたら……、それは公平ではない。今や、公益性が非常に高いと言える検索において、公平性は大切な要素の一つである。もちろん、基準が公表されてしまえば、その基準に特化して検索順位を上げるための工夫をする企業も出てくるだろうし、その競争はまた不毛かもしれない。また、そもそも検索で上位に表示されることが「良い」という基準を選択してしまうことで、検索上位のためなら何をしてもよい、という意識になってしまうことも困りものである。

結局のところ、計算機が発展し、探すための技術は進んだものの、何を基準に探すか、という部分についてはまだまだ議論の余地がある。そして、それを決めるのは結局のところ人間であり、機械ではない。社会の価値をどのように設定するのか、さらには人生の目的は何か、といった「基準」をめぐる話は科学や技術のなかだけに収まるものではなく、様々な視点からの検討が必要となる問題と言える。

参考文献

- [1] 森前智行：量子計算理論 量子コンピュータの原理，森北出版（2017）。
- [2] 寺部雅能，大関真之：量子コンピュータが変える未来，オーム社（2019）。
- [3] Denchev, V.S., Ding, N., Vishwanathan, S.V.N., Vishwanathan, V.N. and Neven, H.: Robust classification with adiabatic quantum optimization, Proc. ICML'12, pp.1003-1010 (2012).
- [4] Sato, G., Konoshima, M., Ohwa, T., Tamura, T. and Ohkubo, J.: Quadratic unconstrained binary optimization formulation for rectified-linear-unit-type functions, Phys. Rev. E Vol. 99, Issue 4, Article No. 042106, pp. 1-5 (2019).
- [5] Yokota, T., Konoshima, M., Tamura, T. and Ohkubo, J.: Derivation of QUBO formulations for sparse estimation, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 89, No. 3, Article No. 034801, pp. 1-5 (2020).

メニーコア向け自動運転向けソフトウェアプラットフォーム

安積 卓也

1. はじめに

近年、自動運転システムをはじめとする組込みシステムの領域では、高い処理要求と低電力消費を同時に実現するため、マルチ/メニーコアに向けたコンピューティングプラットフォームの進化が求められている。例えば、自動運転システムは LiDAR やカメラから得られた情報をもとに、自己位置推定、環境認識、経路計画、経路追従等様々な処理を同時に行う必要がある。自動運転システムの高い処理要求、予測可能性、エネルギー効率の要件を考慮すると、マルチ/メニーコアや GPU 等のヘテロジニアスなコンピューティングシステムが必要である。

しかし、マルチ/メニーコアプラットフォームを組込みシステムに適用するにはいくつかの問題が存在する。例えば、並列化されたプロセス同士で頻繁にアクセス競合が発生する問題や、共有資源が予測可能なタイミング動作やソフトウェア分析を妨げること等が挙げられる。これらの問題は、組込みシステム特有の厳格な要求仕様や多くのコアによって資源（例えば、メモリ及び I/O デバイス）を共有することに起因している。さらに、大容量メモリと全てのコアを広帯域バスで接続してしまうことで、バス競合によってコア数の拡張性が失われ、大きな電力消費が必要になってしまう問題も存在する。このコア数の拡張や消費電力の問題に対応するために、Kalray によって開発された Multi-Purpose Processing Array (MPPA) -256 では、1 クラスタ 16 コアの 16 クラスタ (256 コア) を採用し、クラスタ間をネットワークオンチップ (NoC) でつなぐ構成をしている。本研究では、組込み向け NoC ベースメニーコアプラットフォームの実アプリケーションへの適用を取り上げる。

本研究では、MPPA-256 等の NoC に基づく組込みのメニーコアコンピューティングの検証に重点を置く。主に、自動運転のレベル 4 (バス等経路が決まっている経路を走る自動運転のレベル) を対象とした自動運転プラットフォームを動作させることで、本研究の有用性を示す。

自動運転処理で特に重い処理である自己位置推定をメニーコアにオフロードすることで、LiDAR のデッドラインである 100ms 以下に処理を終了させる。メニーコア向けの ROS (ROS-lite) を提案し、経路計画や経路追従のノードをメニーコア上で実行する。

2. 背景知識

2.1 Robot Operating System

ROS は OS 上で動作するオープンソースミドルウェアであり、ロボットアプリケーション開発に適した様々なツールやライブラリを提供する。ROS に基づくアプリケーションはノードと呼ばれる独立したプロセスで作られる。ノード間の通信は主にメッセージを用いた publish/ subscribe モデル(図 1)に基づいて行われる。

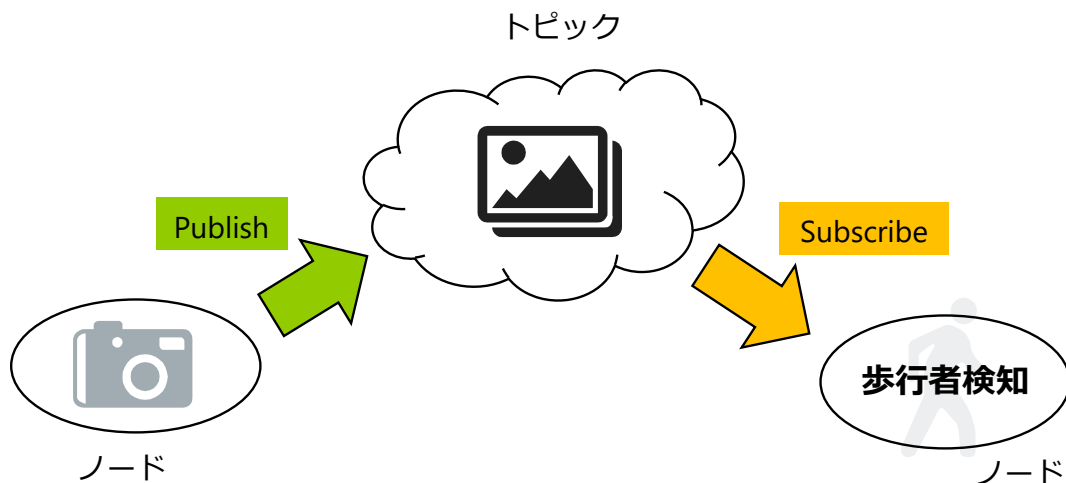


図 1. ROS の publish/subscribe モデル

メッセージとは C の構造体のような構造をしており、トピックは各ノードがメッセージを特定するために用いられる。そして、ノードはトピックを通じてメッセージをやり取りする。

2.2 Autoware

Autoware^[1]は、完全自動運転向けソフトウェアプラットフォームである。Autoware では高精度 3 次元地図（図 2 (a)）を用いた自動運転を行っている。高精度 3 次元地図は、点の集まりの点群地図と経路計画等で利用するベクタ形式の地図を合わせた地図である。

自己位置推定：Autoware では、3 次元点群地図と LiDAR（360 度の距離を測定できるセンサ）でスキャンされた点群データを照合することで、車両の自己位置を算出している（図 2 (b)）。この手法はスキャンマッチングと呼ばれ、平均誤差は数センチメートルのオーダーである。加えて、IMU や CAN からの情報を組み合わせることで、自己位置推定の精度をより向上させている。

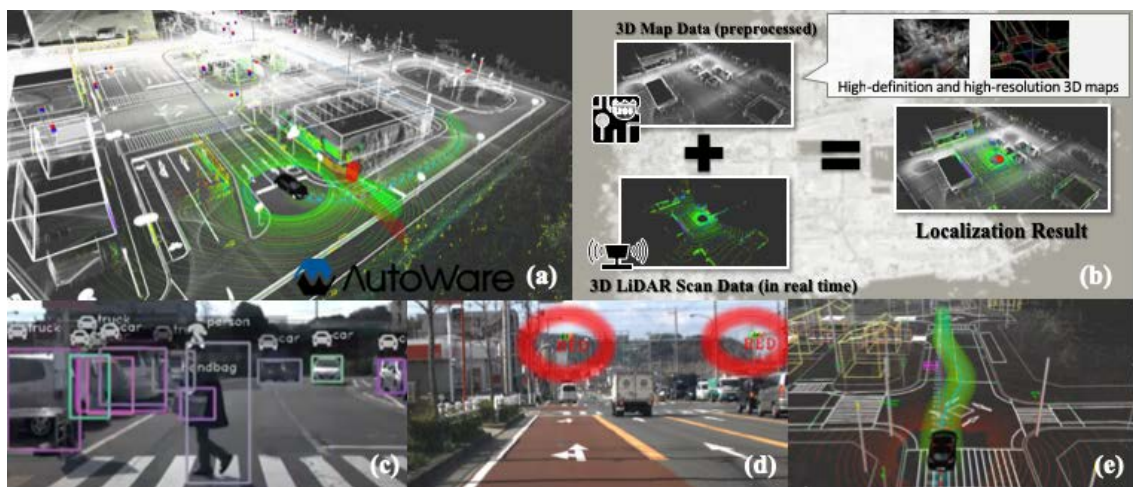


図 2. Autoware の自動運転モジュール：(a) 高精度 3 次元地図，(b) スキャンマッチングを用いた自己位置推定，(c) カメラを用いた環境認識，(d) 信号認識，(e) 経路計画

環境認識：Autoware は、Caffe や OpenCV といった一般的なライブラリを利用して、カメラ画像から物体を検出可能である（図 2（c））。利用可能な物体認識アルゴリズムは、完全畳み込みニューラルネットワーク（CNN）アーキテクチャに基づいている Yolo v3 など提供されている。一方、画像内の対象物の向き勾配フィーチャのヒストグラムを検索してスコアリングする変形可能部品モデル（DPM）に基づくパターン認識アルゴリズムも備わっている。さらに、カメラ画像ではなく LiDAR から得られる点群データを用いて物体認識を行うこともできる。

Autoware における信号認識では、3 次元地図における信号機の座標、車両の自己位置、カメラ・LiDAR・車両の位置関係を考慮することで、カメラ画像における信号機の注目領域（ROI）を制限できる（図 2（d））。これにより、計算時間を短縮し、同時に信号機の色

経路計画：スタート地点からゴール地点までの大まかな経路を計画する（図 2（e））。これは、グローバルパスプランニングとも呼ばれ、この経路を基に車両はどのような経路で目的地まで進むのかを決定する。経路計画によって生成された経路に対し安全な軌道を算出する。これは、ローカルパスプランニングとも呼ばれ、車両が走行するための安全な軌道を算出する。

経路追従：車両が走行するためのステアリング及びアクセル・ブレーキのパラメータを算出する。Autoware では、pure pursuit アルゴリズムを用いて車両の各パラメータを生成している。

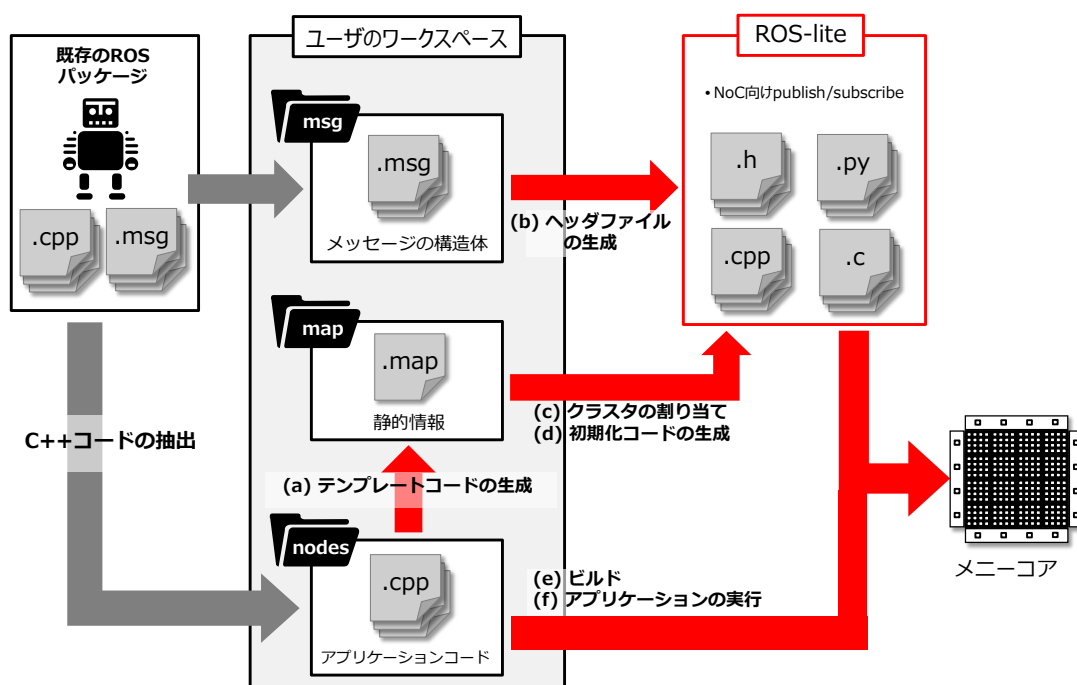


図 3 ROS-lite の開発の流れ

3. 提案フレームワーク

提案フレームワーク(ROS-lite)は、メニーコアプラットフォーム上での効率的なアプリケーション開発を実現する通信レイヤを提供する。ROS や関連研究では、メニーコアの通信で用いられる NoC 通信を提供しておらず、リソース制約の厳しい組込みシステムでの利用は難しい。ROS-lite は、これらの問題を解決し、ROS ノードをメニーコアの各コアで実行し、コア間もしくはクラスタ間での通信を実現するための開発環境を提供する。ROS-lite は、できる限り既存の ROS ノードのコードを適用するための機能も提供する。さらに、ROS-lite は既存トピック通信に準拠しており、既存のプラットフォームで実行される ROS ノードと通信できる機能も提供する。

本節では、ROS-lite の開発の流れについて説明する。図 3 に、ROS-lite の開発の流れを示す。ROS-lite は ROS ノードと同様のアプリケーションコードを実行できる。ROS と同様に C++で実装することを想定している。アプリケーション開発者は、既存の ROS アプリケーションコードとメッセージファイルを変更せず ROS-lite のアプリケーションコードとして適用できる。タスクマッピングに関して、開発者はマップファイル(.map)を作成することによって、ROS ノードをメニーコアプラットフォームの CC 上及びコアにマッピングできる。開発者は、ソースコードを修正せずに、マップファイルを修正だけでタスクマッピングを変更できる。ROS ノードは、リアルタイム OS が提供するスレッドとして実現しており、publish/subscribe モデル、メッセージファイル(.msg)で定義された構造を扱うことができる。

ROS ノード間の通信は、クラスタ間・クラスタ内のそれぞれの通信を提供している。クラスタ間の通信は、NoC 通信で、クラスタ内の通信は共有メモリを利用して実現する。ROS-lite のツールチェーンは、効率的な開発を実現するためにコマンドラインでのコード生成及び、ビルドシステムを提供している。

4. 動作検証

図 4 に示すように、並列化前は 1000ms 程度かかっていた処理が、並列化後は 50ms 程度に処理時間が抑えられており、end-to-end の実行時間(図 5 の LiDAR のデータ受信後、ステアリング角度、速度の結果を計算するまでの時間を測定した結果)は、デッドラインとして用いられる LiDAR の周期 10 Hz (100 ms) 以下で処理が完了していることが分かる。

この結果により、提案プラットフォームは、低速自動運転の実車実験での要件を満たしている。提案プラットフォームを用いた実車実験の様子^[2]は、こちらで確認できる <https://youtu.be/4T0Nqx5M1aA>。

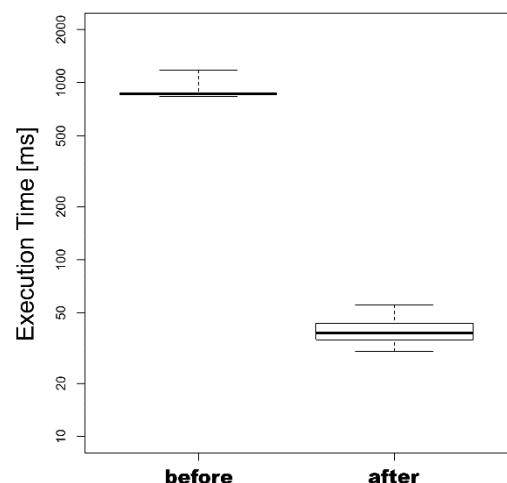


図 4 評価結果

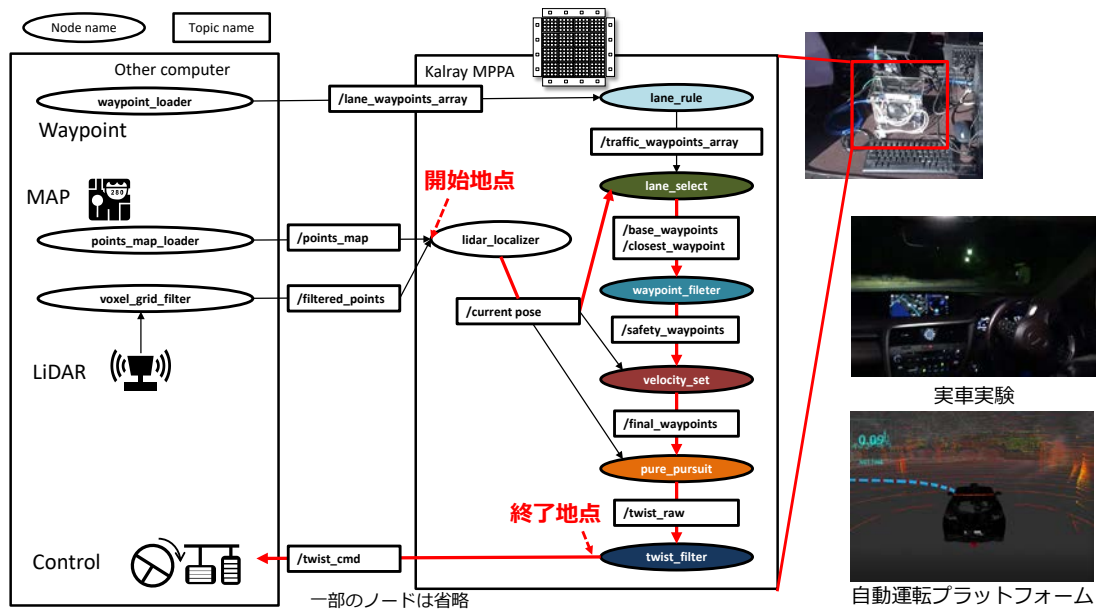


図 1 自動運転プラットフォームのノード構成と動作検証の様子

5. まとめ

本研究では、組込みシステム向けメニーコアプロセッサである MPPA-256 を用いた自動運転向けプラットフォームを提案した。大容量データの計算はオフロードとして、自動運転機能は ROS ノードの実行環境としてメニーコアプロセッサを用いた。実車実験では、提案プラットフォームを用いることで、自動運転で必須機能である自己位置推定、経路計画、経路追従の動作を既存プラットフォーム^[1]より消費電力の少ないプラットフォームで動作することを確認した。

参考文献

- [1] Shinpei Kato, Shota Tokunaga, Yuya Maruyama, Seiya Maeda, Manato Hirabayashi, Yuki Kitsukawa, Abraham Monrroy, Tomohito Ando, Yusuke Fujii, and Takuya Azumi, "Autoware on Board: Enabling Autonomous Vehicles with Embedded Systems," In Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS2018), 2018.
- [2] Takuya Azumi, Yuya Maruyama, and Shinpei Kato, "ROS-lite: ROS Framework for NoC-Based Embedded Many-Core Platform," In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2020), 2020.

LED の点灯状態を利用した無線 LAN アクセスポイントの監視手法

小川 康一

1 はじめに

無線 LAN は、スマートフォンやタブレットの普及に伴い、社会において広く利用されています。埼玉大学（以下、本学）では、学内全体に約 300 箇所の無線 LAN アクセスポイント（以下、アクセスポイント）を設置しています。運用は本学の情報メディア基盤センターで行っています。

常時約 20 箇所のアクセスポイントが何らかの原因により停止し、障害となっています。主な障害の原因は、アクセスポイントで利用するメディアコンバータの電源の抜け、パワーインジェクターの電源の抜け、アクセスポイント自体の故障です。障害の発生源のひとつに、利用者が故意に電源を抜いてしまうことがあります（図 1）^[1]。これは利用者の手の届く位置にあるためです。



図 1 アクセスポイントの電源と周辺機器

本学ではこの対策として、耐震改修を実施した建物では、アクセスポイントの設置箇所を利用者が届かない上部へ移設する対策をとっており、一定の効果をあげています（図 2）。しかし、このような建物は本学の構内全体の一部であり、まだほとんどのアクセスポイント設置箇所では利用者の手の届く位置に電源コンセントやメディアコンバータなどの機器があり、たびたびネットワーク障害が発生しています。

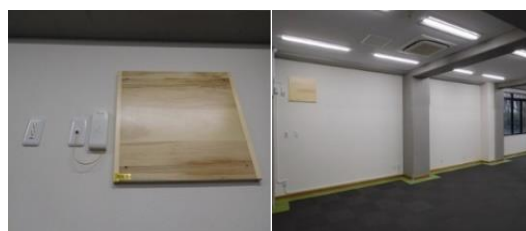


図 2 アクセスポイントを高所に設置する例

本来、多数のアクセスポイントを導入する場合、メーカーの集中管理ツールや監視システムで管理を行いますが、実際に見に行ったらうまく動いていなかった、ということはよくあります。

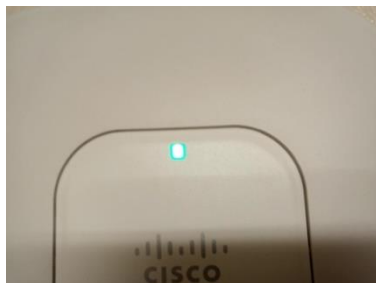


図3 アクセスポイントのLED表示部

アクセスポイントをはじめ多くのネットワーク機器は、前面にLEDインジケータ(以下、LED)を持っており、色や点滅方法で機器の状態を知らせる機能を持っています。たとえば、シスコシステムズ社の Aironet 1142 は、1つのLEDで状態を表示します(図3)^[2]。そこで、アクセスポイントのLEDの点灯表示で状態を把握する方法があっても良いのではないかというのが本研究の骨子です。

2 提案手法

これまでも、私はメディアコンバータの状態をカメラで撮影し、監視する手法^[3]に取り組んでいました。この手法を本稿では、アクセスポイントの監視に応用します。本学で利用しているメディアコンバータは動作が単純なため、何個のLEDが点灯・消灯しているか、という情報で状態を把握可能でした。しかし、アクセスポイントはそう単純ではありません。シスコシステムズ社のアクセスポイントは、LEDの色を緑・赤・黄と変化させて障害を管理者に知らせます(図4)。

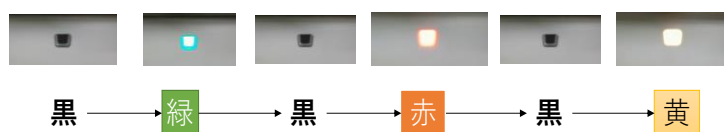


図4 障害時のLEDの色変化

そこで、障害時の色のパターンを収集する調査を行いました。これによりパターンが繰り返えられる、一定の周期(約10秒)の動画を取得して障害を検知可能であることがわかりました(図5)。少なくとも、この繰り返しのパターンの現れる周期をカメラで捉えることができれば、異常状態を把握できると考えました。つまり、図5のように、ある一定の時間LEDの状態を撮影し、これを分析することで異常状態を発見するのです。本研究では、こ

の異常状態を自動的に判別するため、機械学習を採用することにしました。単純な状態であれば画像処理で済むのですが、アクセスポイントに限らずに様々な機器を判別可能にしたため、応用が可能な形を目指しました。

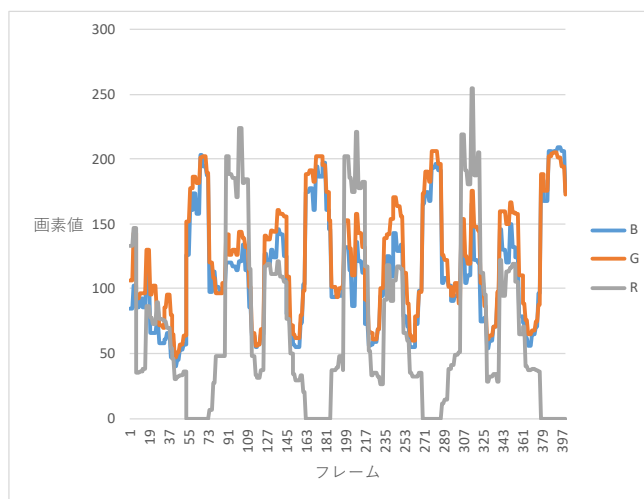


図 5 異常状態の画素（BGR）の値

3 機械学習を活用した LED 状態の自動検出

現象や機器の動作、たとえば LED の色の具合などを人が分析して、その現象があったら「機器が異常である」と個別に対応することは困難です。その現象や機器をよく知っている人であればいいですが、その機器を扱うのが初めての場合だったらどうでしょうか。特に組み合わせが複数の場合、大変な労力を割かなければなりません。そこで本稿では、「機械学習」を活用してみました。機械学習とは、読んで字のごとく機械であるコンピュータに学習をさせて処理を行わせる方法です。データを読み込ませて、なんらかのアルゴリズムにより処理を行わせます。この処理とは、分類や分析、推薦、などがあります。本稿ではこのうち分類を行います。

機械学習には大きく 2 つの種類があります。あらかじめお手本となるデータ（教師データ）を用意して学習させる場合を「教師あり学習」といい、お手本となるデータはない状態で学習させる場合を「教師なし学習」といいます。本稿では、アクセスポイントの LED の点滅パターンが決まっており、事前に画像データを用意可能なため、「教師あり学習」を採用します。

機械学習を採用した場合の流れを図 6 に示します。教師データである画像に緑や黒といったラベルを付けて、実際のデータ（この場合は画像）を与えたときにその画像が何であるかを判別させます。この判別は数値による確率です。コンピュータは決して「○○だ」とは答えてくれません。よって、ある程度の高い確率であれば、この分類は正しいと見切りをつけるのです。

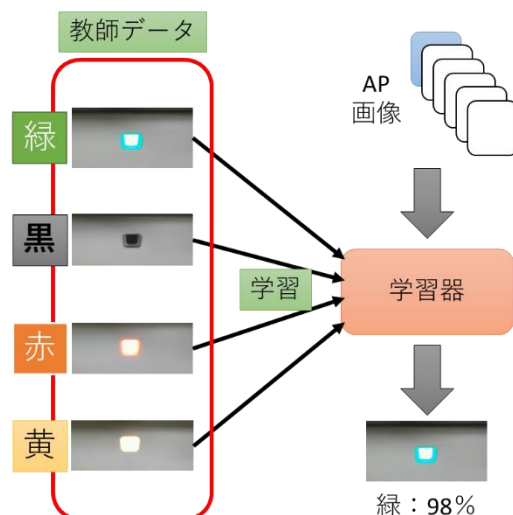


図 6 教師あり機械学習を利用した画像判別

4 実験

前章の提案手法に基づき、実験を行いました。実験の手順は以下の通りです。

- ①事前に障害時のアクセスポイントの LED を含んだ画像 1,500 枚を用意し、学習器を作成する。
- ②2 台の別々のアクセスポイントを用意し、障害状態を発生させる。
- ③それぞれ 5 回ずつ無作為に 10 秒間 LED の動画を撮影する。
- ④撮影した動画を①の学習器にかけ、正しく判別できるか、処理にかかる時間はどのくらいかを確認する。

実験には、前述のシスコシステムズ社の Aironet1142 を用いました。この機器はすでに旧世代の機器ですが、LED による機器の状態表示は同社の最新のアクセスポイントでも引き継がれており、本研究の手法はいまでも利用可能であると考えられます。アクセスポイントの状態特定には、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を採用しました。分類するクラスは、緑・赤・黄・黒 (LED 無点灯) の 4 つです。図 7 に LED の判別例を示します。本稿の実験では、平均約 139 秒で判別可能であることがわかりました。判別性能は平均 95% でした。



図 7 アクセスポイントの LED 判別例 (左から無点灯、緑、赤、黄)

5 課題

多くの機械学習の研究では、事前に学習するための教師データを作成する部分に多くの時間や労力を割くことになっています。本研究でも教師データである画像を収集し、学習する部分を個別に指定する必要があります。この作業を省力化、自動化する方法が重要になってきます。

本稿では、非常に単純な判別を行いましたので、判別性能は高い結果となりました。しかし、アクセスポイントの設置箇所によっては、直射日光により LED が明るく映る場合が想定され、環境変化による影響についても継続して調査が必要です。

6 まとめ

本稿では、LED の点滅状態を利用し、無線 LAN アクセスポイントの運用管理を行う方法について説明してきました。「ネットワーク機器の監視」という観点で説明を行いました。本稿で紹介した提案手法は他の LED を持つ機器でも応用が可能であると考えています。人に LED の表示で知らせる機器は世の中にたくさんあります。手早く監視する方法に育ていきたいと思っています。本研究についてより詳しくは文献[4]を参照してください。

※本稿は、情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム 2019 での発表内容^[4]の一部を参照し加筆修正を加えたものです。

参考文献

- [1] 小川康一, 吉浦紀晃: 埼玉大学における光ファイバ直収型ネットワークの運用経験について, 情報処理学会研究報告インターネットと運用技術 (IOT), 2015-IOT-30, pp.1-8(2015).
- [2] Cisco Aironet 1140 シリーズ Autonomous アクセス ポイント(オンライン), 入手先 <https://www.cisco.com/c/ja_jp/td/docs/nma/works/works4windows/gs/001/ap1140aut-getstart.html#60734>.
- [3] 小川康一, 吉浦紀晃: 小型コンピュータと画像処理技術を活用したネットワーク機器監視手法の提案と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.3, pp.1026-1037(2018).
- [4] 小川康一, 吉浦紀晃: 携帯端末を利用した無線 LAN システムの運用管理支援手法の開発と実装, 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム論文集, pp.48-55 (2019).

情報システム調達におけるクラウドの利用

齋藤 広宣

1. はじめに

大学の基幹システムをクラウドで構築する傾向が広まりつつある中、国の方では2018年の『政府情報システムにおけるクラウドサービスの利用に係る基本方針』^[1]において「クラウド・バイ・デフォルト原則」の方針が示され、政府システムにAWSが用いられ始めている。また本学内においてもAWSを利用する情報システムが登場している。本学の基幹システムを担う情報基盤システムにおいても、次回更新においてはクラウドの利用を検討することになるであろう。そのために、今後以下の点について調整を行う必要があると考えられる。

- クラウドで個人情報を扱うことを含めた、情報セキュリティポリシーの改正
- 大学、構築業者、クラウド事業者の間の責任分解点
- クラウド利用を前提とした調達仕様書の記述の研究
- クラウドサービス費用の予算及び精算に関する整理
- オンプレミスサーバが残るかどう、残る場合にクラウドの併用にメリットがあるか

本稿ではこれらのポイントについて少し具体的に掘り下げて考察していくこととする。

2. クラウドを利用するための検討事項

一言にクラウドといっても様々な業者により様々なサービスが行われているが、ここではAWSやMicrosoft Azureなどのパブリッククラウドをインフラとして利用することを前提におくこととしたい。コストが比較的経済的と期待されることが主な理由であるが、災害に対するサービスの継続性が期待される、利用者が多く相互の情報交換が期待できる、などの側面もある。

2.1 クラウドサービスを利用するための情報セキュリティポリシーの改正

埼玉大学の現行のセキュリティポリシーでは、業務や情報のクラウド利用に関して明示するには至っておらず、業務の外部委託の文脈から情報の保護すべき度合いを勘案して各部署で各々判断を行っている。

従来は機密情報を含む場合は事実上クラウド利用ができなかったが、「クラウド・バイ・デフォルト原則」によりその傾向は変わり、また『高等教育機関の情報セキュリティ対策のためのサンプル規程集』^[2]にはクラウド利用の項目が付け加わるようになった。情報セキュリティポリシーの改正は検討すべき課題であろう。

2.2 大学、構築業者、クラウド事業者の間の責任分解点

クラウドの利用はシステムの設計にも影響を及ぼすし、クラウドのどの範囲を大学が、またシステム構築業者が用意するかによってシステムの運用や保守の責任関係も変わってくる。例えば情報基盤システムに使用するクラウドインフラをシステム構築業者が用意するとした場合、責任切り分けは従来の設計に近いものになる一方で、リソースの柔軟性というクラウドの特質が失われるなどの影響も考えられる。各選択肢の得失は、十分に検討しなければならない。

2.3 クラウド利用を前提とした調達仕様書の記述の研究

システムの設計が変わり、また責任関係が変わると、調達仕様書の内容も大きく変わる。その中で、システム品質を維持しかつ競争入札に適した技術仕様となるよう、相当に入念な準備が必要となるものと考えられる。

2.4 クラウドサービス費用の予算及び精算に関する整理

クラウドサービスは従量的に料金変動するのが一般的であるほか、為替による料金変動をするものもあるため、予算化にあたっては注意が必要となる。

大学がクラウドを調達する場合には、利用する上限金額で予算化するとともに、予算を下回った場合の精算について財務上の調整をしておかなければならない。

一方システム構築業者がクラウドを用意する場合には、業者側がコスト変動のリスクを見込んで料金設定を行うであろうことを考慮しなければならない。そして情報基盤システムは契約期間が5年と長期であり、このリスクは相当に大きく見積もられることと想像される。

2.5 オンプレミスサーバが残るかどうかが

大学内にあるデバイス（事務用PC、研究室のサーバ、利用者のノートPCや携帯用デバイスなど）に対するサービスや、クラウドに保存することのできない特定秘密や極秘文書に該当する情報処理のために、大学内にオンプレミスサーバの設置が必要かどうかを検討すべき点である。もし少量でもオンプレミスサーバが残る場合は、そのためにラックや電源、UPSを用意したり、法定停電や保守点検への対応稼働が発生したりして、無視できないコストアップの要因となり得る。

3. おわりに

大学基幹システムのクラウド移行は、システム設計や運用設計に大きな転換を強いるものと言える。ハードソフトの一括調達からシステムの分割調達へ、長期固定の費用から都度従量の課金へなど、従来の思想から異なる部分は多い。しかしクラウド化にはメリット

も大きいため、これを積極的に検討していきたいと考えている。

参考文献

- [1] 政府情報システムにおけるクラウドサービスの利用に係る基本方針（政府CIOポータル 2018年6月7日）
https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/cloud_%20policy.pdf
- [2] 高等教育機関の情報セキュリティ対策のためのサンプル規程集（2019年度版）（国立情報学研究所 2020年2月12日）
<https://www.nii.ac.jp/service/upload/sp-sample-2019.pdf>