

情報化時代を考える

島村 徹也

情報メディア基盤センター長

昨今、情報教育の重要性が叫ばれている。今や、大学における情報リテラシ教育はあたりまえで、中学校・高等学校においても、生徒達は一通りの情報技術を学んでくる。驚くべきは、小学校においてさえも、児童達がパワーポイントなどを用い、プレゼンテーションなどを経験することがあるということである。このような情報化時代に、大学における情報教育の位置づけは非常に重要と考える。

大学においては、当然専門分野がある。すべての学生達が同じ方向を目指すわけではない。よって、目指すところは自ずと変化してくる。しかしながら、ネットワークを共有して利用する立場から、利用する側からのポリシーを把握しておくことは必須である。情報倫理という授業科目があるが、まさにこのようなポリシー・倫理を内容とする科目である。現在、本学においても情報倫理教育がなされているが、学部別、学科別になされている。相互の教員が、教育すべき内容の意見交換をしている場合もあるが、多くの場合、授業内容が教員任せになっている。最近、この授業内容の共有化を図る必要があるのではと、考えるようになってきた。

情報メディア基盤センターでは、学内情報基盤システムの管理・運用を主な業務としている。管理者側からの、利用者の情報セキュリティへの問題意識のレベル差を感じる人が多い。学生ばかりでなく、教員の側においても、再度情報倫理の認識が必要であり、どこかで、そのような場を設けられないかと考えさせられる。

情報化は急速に進んで行く一方である。留まるところを知らない。今や、子供から高齢者までが利用者である。しかし、利用者はあるルールを持って利用すべきであって、そのルールを教えてもらえる場が非常に限られているのが現実である。言うなれば、利用者任せな訳である。このような時代にあって、大学はおそらく正しい情報を発信していく立場にあるであろう。そして、今後の情報教育者を育成していく場でもあるであろう。

平成26年4月より情報メディア基盤センター長に就任したが、情報教育の重要性を再認識させられる日々である。学内ばかりではなく、できれば地域とも連携を諮り、今後の情報教育のあり方を考えて行きたい。問題はおそらく、急速に発展して行く情報化社会にどのようなについて行くかであり、どのような手段で情報発信ができるかという方法論を検討して行く必要があると考えている。

無線通信システムのためのブラインド変調推定

島村 徹也

1 はじめに

現在、無線通信システムにおいて高品質なマルチメディアサービスを提供することが必然となっており、これらのサービスを提供するためには高効率、大容量、多様なビットレートで提供できる通信システムが必要である。これらを達成する一つの手法として、コグニティブ無線や適応 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex:直行周波数多重分割)などに代表される柔軟な知性を持つ無線通信システムを用いることが挙げられる。

これらの通信システムでは通信環境を検知し、環境に応じて変調方式を変化させることで効率的で信頼性が高い通信を可能としている。このとき、受信機では受信信号の変調方式が分からないため MC(Modulation Classification:変調分類)を行う必要がある。MC とは信号検出と復調の間にあり、いくつかの変調候補から受信信号の変調方式を判別する処理のことである。MC は、前処理と実際に変調を判別する処理の 2 つのステップで構成されている。前処理のステップでは信号を検出した後に振幅、位相、雑音量、シンボルタイミングの推定や波形補正などの処理を行うステップとなる。本稿では、実際に変調の分類が行われる処理部分に焦点を当てる。

MC は大きくパラメータ信号とブラインド MC の二つに分けることができる。パラメータ信号は送信機で信号に変調情報を付加し、受信機では受信信号から付加された変調情報を見つけることにより MC を行う。一方、ブラインド MC は受信機で受信信号から変調方式を推定する方式である。パラメータ信号は情報を付加する必要があるが、信頼性が高く、実装が比較的簡素である。ブラインド MC は情報を付加する必要は無いが、比較的信頼性が低く、計算が複雑になってしまう。よって、ブラインド MC の分類精度を向上させることでより効率的な通信を行うことができると考えられる。

ブラインド MC の分野では多くの研究がなされている。ブラインド MC は尤度に基づく方法と特徴量に基づく方法の 2 種類に分けることができる。尤度に基づく方法では分類精度が高いが計算が複雑になるという欠点を持つ。一方、特徴量に基づく方法では計算が比較的簡素であり実装が簡単である。しかし、分類精度が最適にはならず、分類に使用するシンボル数が少ないとさらに分類精度が低くなってしまうという問題がある。また、近年複数アンテナを用いた MC アルゴリズムが多く提案されているが、多くの研究では分類精度の向上に注視し計算の複雑性を考慮されていない。しかし、計算の簡素化は実装するにおいて非常に重要な要素である。

本稿では、効率的な MC アルゴリズムの提案とその複数アンテナの利用を検討する。

2 システムモデル

考察対象の無線通信システムのモデルについて述べる。図1が単一チャネルの場合のブロック図を示し、図2が複数チャネルの場合のブロック図を示す。

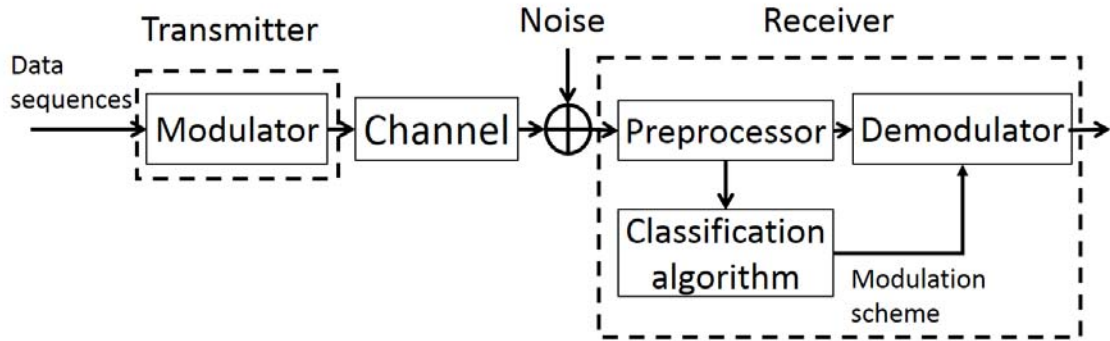


図1 単一チャネルの場合のブロック図

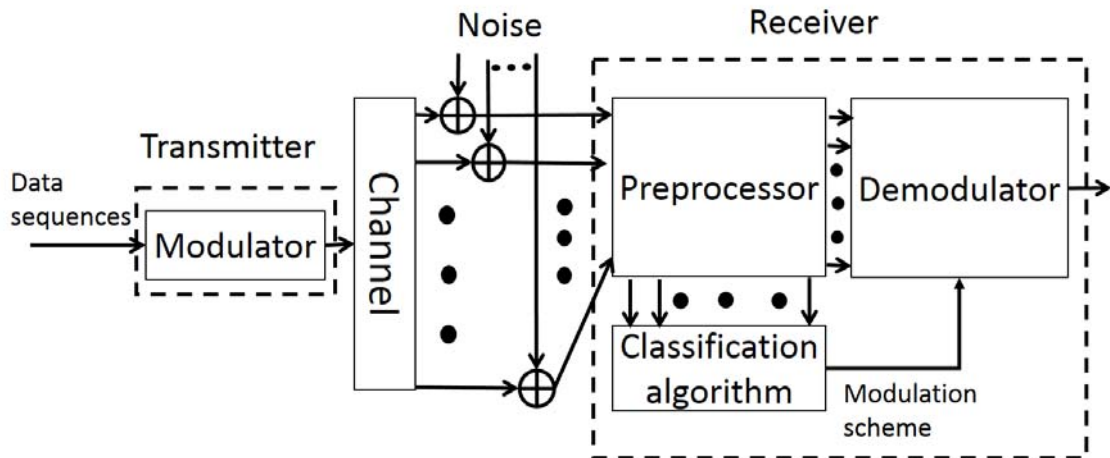


図2 複数チャネルの場合のブロック図

3 準最適 ML アルゴリズムの利用

ブライントMCにおいてML(Maximum Likelihood:最尤)MCアルゴリズムは最もよく使われる方法の一つである。しかし、MLMCアルゴリズムは最適な分類精度を示すが、計算が複雑であるという欠点を持っている。そのための解決策として、準最適MLMCアルゴリズムを用いることが提案されている。ところが、準最適MLMCアルゴリズムの分類精度はMLMCアルゴリズムに比べて分類精度が劣化してしまう。そこで、本稿では複数のアンテナ

ナで準最適 MLMC アルゴリズムを同時に併用することで、分類精度を向上させることを考える。

4 結果

複数アンテナを用いた準最適 MLMC アルゴリズムの性能を評価するために計算機シミュレーション実験を行った。

送信機にて用いられる変調方式は BPSK、QPSK、16QAM、64QAM の四つとする。比較対象として、単一アンテナにおける MLMC アルゴリズム、複数アンテナにおける MLMC アルゴリズム、単一アンテナにおける MLMC アルゴリズムと提案法である複数アンテナにおける MLMC アルゴリズムの四つを考える。計算機シミュレーション実験の試行回数は 10000 回とする。SNR、シンボル数 K 、アンテナ数 N の三つをそれぞれ変化させて実験を行った。

シンボル数 32、アンテナ数 3 に設定し、SNR を -10dB から 20dB の範囲で 1dB 毎に変化させた場合の計算機シミュレーション実験の結果が図 3 である。また、アンテナ数を 5 に変えたときの計算機シミュレーション実験結果が図 4 である。複数アンテナを用いた準最適 MLMC アルゴリズムは単一アンテナの準最適 MLMC アルゴリズムと比べると分類精度が向上している。また、単一アンテナを用いた準最適 MLMC アルゴリズムと複数アンテナ

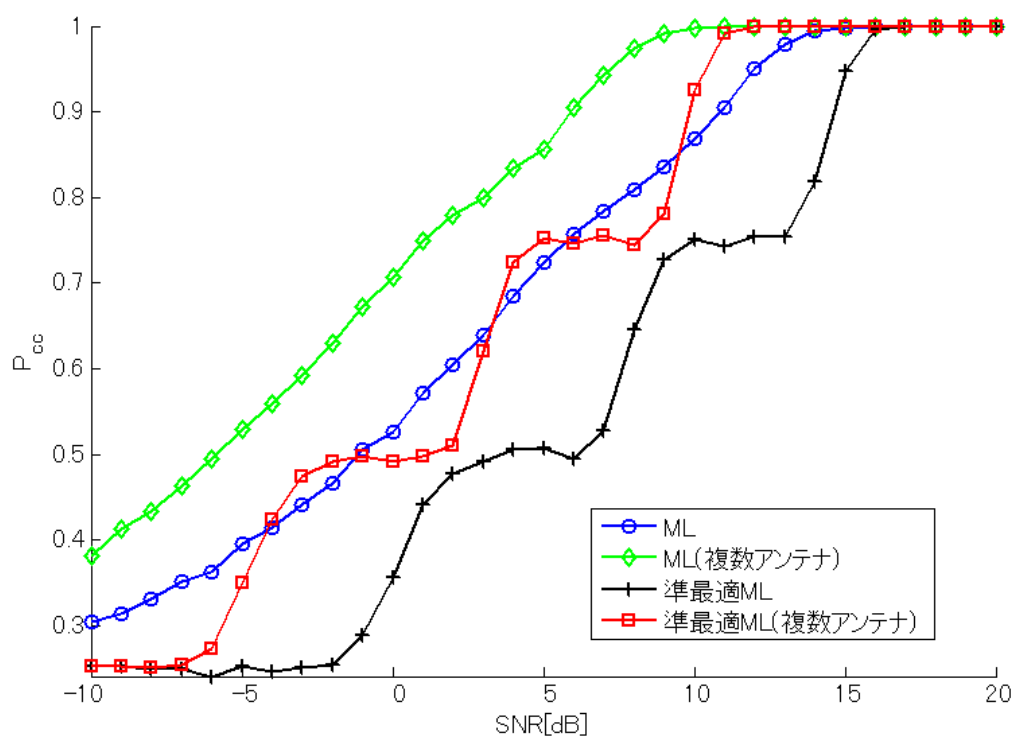


図3 アンテナ数3の場合

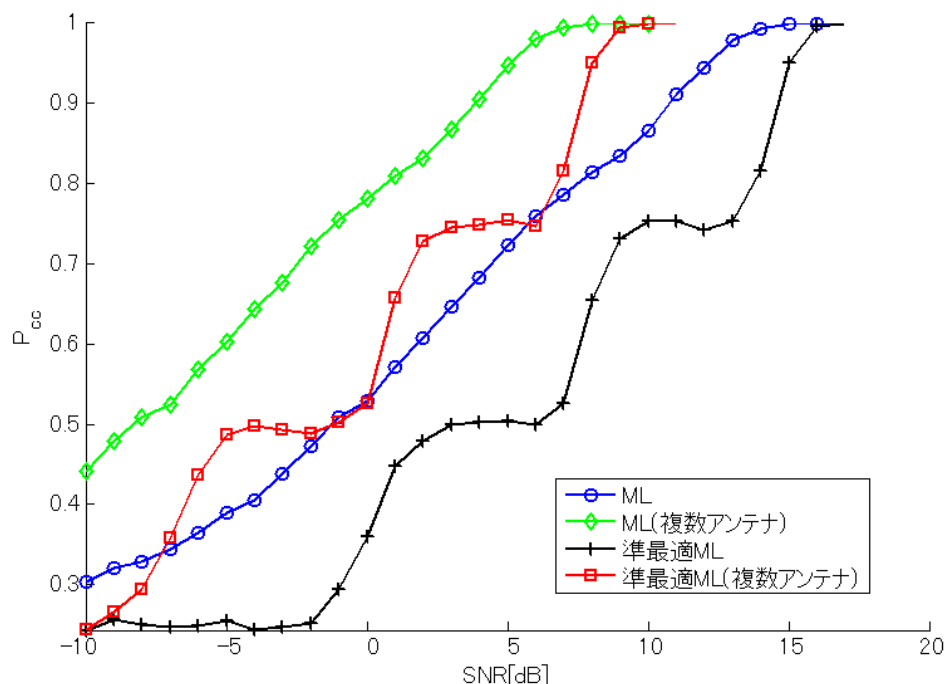


図4 アンテナ数5の場合

ナを用いた準最適 MLMC アルゴリズムはグラフの形がほとんど同じであり、アンテナ数が3のときは左に 5dB 程度、アンテナ数が5のときには左に 7dB 程度シフトしている。

また、複数アンテナを用いた準最適 MLMC アルゴリズムと単一アンテナを用いた MLMC アルゴリズムの分類精度を比較すると、アンテナ数3では同程度の精度を示し、アンテナ数5では、複数アンテナを用いた準最適 MLMC アルゴリズムが上回る結果となっている。複数アンテナ用いたアルゴリズム同士で比較すると、すべての SNR で MLMC アルゴリズムが準最適 MLMC アルゴリズムより高い分類精度を示している。

5 おわりに

本稿では複数アンテナを用いた効率的な MC アルゴリズムを提案した。分類精度については複数アンテナを用いた準最適 MLMC アルゴリズムは SNR を大幅に改善する。しかしながら、計算量の増大には至っていない。利用した準最適 MLMC アルゴリズムは MLMC アルゴリズムに比べ、計算は簡潔である。複数同時に併用しても、MLMC アルゴリズムの複雑性を越えることはない。

Common Unfolding of Regular Tetrahedron, Gyroelongated Square Dipyramid, and Snub Disphenoid

Takashi Horiyama¹

1 Introduction

An *edge unfolding* (or a *net*) is defined by a development of the surface of a polyhedron to a plane, such that the surface becomes a flat polygon bounded by segments that derive from edges of the polyhedron. We would like an unfolding to possess three characteristics. (1) The unfolding is a single, simply connected piece. (2) The boundary of the unfolding is composed of (whole) edges of the polyhedron, that is, the unfolding is a union of polyhedron faces. (3) The unfolding does not self-overlap, that is, it is a simple polygon. We call a simple polygon that satisfies these conditions a *net* for the polyhedron.

Since then, nets for polyhedra have been widely investigated (rich background can be found in [5], and recent results can be found in [10]). For example, Alexandrov's theorem states that every metric with the global topology and local geometry required of a convex polyhedron is in fact the intrinsic metric of some convex polyhedron. Thus, if P is a net of a convex polyhedron Q , then the shape (as a convex polyhedron) is uniquely determined. Alexandrov's theorem was stated in 1942, and a constructive proof was given by Bobenko and Izvestiev in 2008 [4]. A pseudo-polynomial algorithm for Alexandrov's theorem, given by Kane et al. in 2009, runs in $O(n^{456.5}r^{1891}/\epsilon^{121})$ time, where r is the ratio of the largest and smallest distances between vertices, and ϵ is the coordinate relative accuracy [9]. The exponents in the time bound of the result are remarkably huge.

Therefore, we have to restrict ourselves to smaller classes of polyhedra to investigate from the viewpoint of efficient algorithms. In this paper, we consider some classes of polyhedra that have common nets. In general, a polygon can be a net of two or more convex polyhedra. Such a polygon is called a *common net* of the polyhedra². Recently, several polygons folding into two different polyhedra have been investigated (see [12] for comprehensive list). In this context, it is natural to ask whether there is a common net of two (or more) different Platonic solids. This question has arisen several times independently, and it is still open (see [5, Section 25.8.3]). In general nets, there is a polygon that can fold into a cube and an almost regular tetrahedron with small error $\epsilon < 2.89200 \times 10^{-1796}$ [12]. On the other hand, when we restrict ourselves to deal with only edge unfoldings, there are no edge unfolding of the Platonic solids except a regular

¹Joint work with Yoshiaki Araki (Japan Tessellation Design Association) and Ryuhei Uehara (Japan Advanced Institute of Science and Technology)

²Note that an edge of an unfolding can pass through a flat face of the polyhedra.

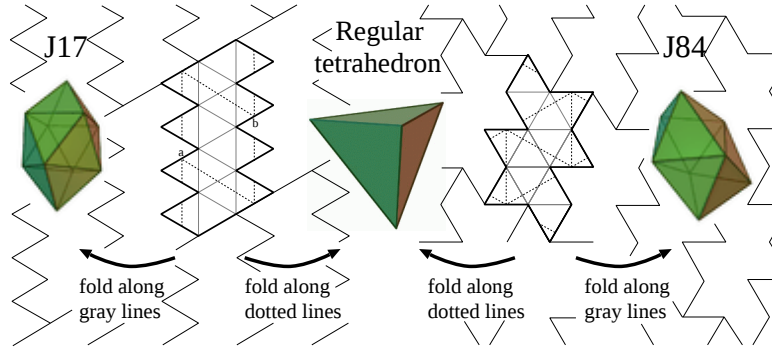


Figure 1: (Left) an edge unfolding of the JZ solid J17, and (right) an edge unfolding of the JZ solid J84, which are also nets of a regular tetrahedron, respectively. These polygons are also p2 tilings.

tetrahedron that can fold into a regular tetrahedron [8]. This result is not trivial since a regular icosahedron and a regular dodecahedron have 43,380 edge unfoldings. In fact, it is confirmed that all the edge unfolding are nets (i.e., without self-overlapping) recently [6].

In this paper, we broaden the target of research from the set of five Platonic solids to the set of 92 Johnson-Zalgaller solids (JZ solids for short). A JZ solid is a strictly convex polyhedron, each face of which is a regular polygon, but which is not uniform, i.e., not a Platonic solid, Archimedean solid, prism, or antiprism. Recently, the number of edge unfoldings of the JZ solids are counted [7], however, it has not been investigated how many nets (without self-overlapping) are there. On the other hand, the tilings of edge unfoldings of JZ solids are classified [2]. That is, they classified the class of the JZ solids whose edge unfoldings form tilings. Some tilings are well investigated in the context of nets; a polygon is a net of a regular tetrahedron if and only if it belongs to a special class of tilings [1].

In this paper, we concentrate on common nets of a regular tetrahedron and the JZ solids. More precisely, we show that there exists edge unfoldings of some JZ solids that are also nets of a regular tetrahedra:

Theorem 1 *An edge unfolding of the JZ solid J17 (gyroelongated square dipyramid) and an edge unfolding of the JZ solid J84 (snub disphenoid) fold into a regular tetrahedron.*

We will show that Figure 1 certainly proves Theorem 1. Next we also compute all common nets that fold into both of a JZ solid and a regular tetrahedra:³

Theorem 2 *(1) Among 13,014 edge unfoldings of the JZ solid J17 [7], there are 87 nets that fold into a regular tetrahedron, which consist of 78 nets that have one way of folding into a regular tetrahedron, 8 nets that have two ways of folding into a regular tetrahedron,*

³These numbers are counted on the “unlabeled” solids, and congruent unfoldings are not reduced. See [7] for further details.

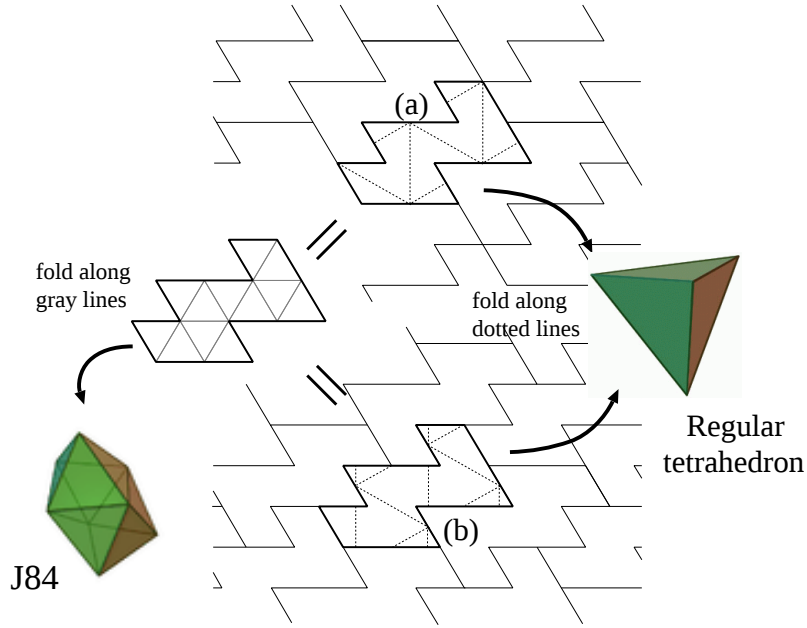


Figure 2: An edge unfolding of the JZ solid J84. It has two different types of p2 tilings, and hence there are two different ways to fold into a regular tetrahedron.

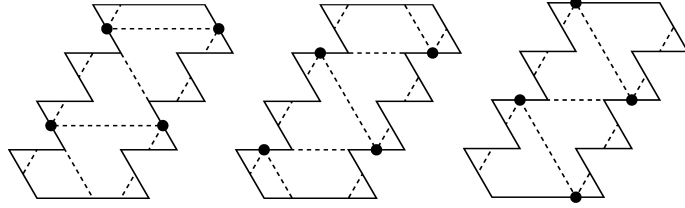


Figure 3: An edge unfolding of the JZ solid J17 that can be folded into a regular tetrahedron in three different ways.

and 1 net that has three ways of folding into a regular tetrahedron. (2) Among 1,109 edge unfoldings of the JZ solid J84 [7], there are 37 nets that fold into a regular tetrahedron, which consist of 32 nets that have one way of folding into a regular tetrahedron, and 5 nets that have two ways of folding into a regular tetrahedron.

We note that some nets allow to fold into a regular tetrahedron in two or three different ways of folding. A typical example that has two ways of folding is shown in Figure 2. We can tile the net of the JZ solid J84 in two different ways, hence we can fold a regular tetrahedron in two different ways according to the tilings. The unique net that has three ways of folding is shown in Figure 3.

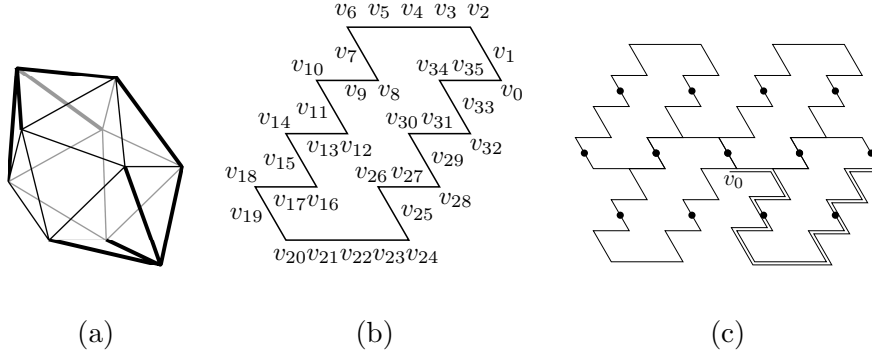


Figure 4: (a) a spanning tree of the JZ solid J17, (b) its corresponding unfolding, and (c) a $p2$ tiling around the rotation centers.

2 Preliminaries

We first show some basic results about unfolding of a polyhedron.

Lemma 3 ([5, Sec. 22.1.3]) *All vertices of a polyhedron X are on the boundary of any unfolding of X .*

Let P be a polygon on the plane, and R be a set of four points (called *rotation centers*) on the boundary of P . Then P has a *tiling* called symmetry group $p2$ ($p2$ *tiling*, for short) if P fills the plane by the repetition of 2-fold rotations around the points in R . The filling should contain no gaps nor overlaps. The rotation defines an equivalence relation on the points in the plane. Two points p_1 and p_2 are mutually equivalent if p_1 can be moved to p_2 by the 2-fold rotations. More details of $p2$ tiling can be found, e.g., in [11]. Based on the notion of $p2$ tiling, any unfolding of a tetramonohedron⁴ can be characterized as follows:

Theorem 4 ([1, 3]) *P is an unfolding of a tetramonohedron if and only if (1) P has a $p2$ tiling, (2) four of the rotation centers consist in the triangular lattice formed by the triangular faces of the tetramonohedron, (3) the four rotation centers are the lattice points, and (4) no two of the four rotation centers belong to the same equivalent class on the tiling.*

We can obtain the characterization of the unfolding of a regular tetrahedron if each triangular face in Theorem 4 is a regular triangle. By Theorem 4, Theorem 1 is directly proved by Figure 1. (Of course it is not difficult to check these nets in Figure 1 by cutting and folding directly.)

3 The JZ solids J17 and J84

In this section, we describe an algorithm to obtain Theorem 2. By applying the technique in [6], we can enumerate a set of spanning trees of any polyhedron, where a spanning tree is obtained as a set of edges. By traversing each spanning tree, we can obtain its corresponding unfolding P_{J_i} . Since all edges of a JZ solid have the same length, P_{J_i} can be represented by a cyclic list C_{J_i} of its interior angles a_j , where vertices v_j of P_{J_i} correspond to the corners or the middlepoints on some edges of the original JZ solid. Since a spanning tree has $n - 1$ edges, each edge appears twice as the boundary of P_{J_i} , and each edge is broken into two halves, P_{J_i} has $4(n - 1)$ vertices. Figure 4 illustrates (a) a spanning tree of the JZ solid J17, and (b) its corresponding unfolding, which can be represented by $C_{J_i} = \{60, 180, 120, 180, 180, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 120, 180, 180, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 300, 180\}$.

Now, we use Theorem 4 and check if each edge unfolding is a p2 tiling or not. We can use the similar idea with the algorithm for gluing borders of a polyhedron (see [5, Chap. 25.2]): around each rotation center, check if the corresponding points make together 360° . If not, we dismiss this case, and otherwise, we obtain a gluing to form a regular tetrahedron.

We first consider the JZ solid J17. In this case, we can determine the length of each edge of the triangular lattice equals to 2, since each face of the (potential) regular tetrahedron consists of four unit tiles. We can check if each unfolding of the JZ solid J17 can be folded into a regular tetrahedron as follows:

1. For each pair of v_{j_1} and v_{j_2} , suppose they are rotation centers, and check if the distance between them is 2.
2. Obtain a path $v_{j'_1}-v_{j_1}-v_{j''_1}$ which is glued to $v_{j''_1}-v_{j_1}-v_{j'_1}$ by a 2-fold rotation around v_{j_1} . So do a path $v_{j'_2}-v_{j_2}-v_{j''_2}$ for v_{j_2} .
3. Replace interior angles of $a_{j'_1}, \dots, a_{j_1}, \dots, a_{j''_1}$ in C_{J_i} with angle a'_{j_1} , where $a'_{j_1} = a_{j'_1} + a_{j''_1}$ if $j'_1 \neq j''_1$ and $a'_{j_1} = a_{j_1} + 180$ if $j'_1 = j''_1 = j_1$. So do $a_{j'_2}, \dots, a_{j''_2}$. Let C'_{J_i} be the resulting cyclic list.
4. For each pair of v_{j_3} and v_{j_4} , suppose they are rotation centers, and check if a path $v_{j_3}-v_{j_4}$ in C'_{J_i} is glued to the remaining path $v_{j_4}-v_{j_3}$.
5. Check if v_{j_3} and v_{j_4} are the lattice points of the regular triangular lattice defined by v_{j_1} , v_{j_2} , and check if no two of v_{j_1} , v_{j_2} , v_{j_3} and v_{j_4} belong to the same equivalent class.

⁴A *tetramonohedron* is a tetrahedron that consists of four congruent triangular faces.

In Step 1, since every face of the JZ solid J17 is a triangle, a_j is always a multiple of 60. The relative position of v_j from v_0 can be represented as a linear combination of two unit vectors $\vec{u}$ and $\vec{v}$ that make a 60° angle. Thus, we check if vector $\overrightarrow{v_{j_1}v_{j_2}}$ is one of $\pm 2\vec{u}$, $\pm 2\vec{v}$, $\pm 2(\vec{u} - \vec{v})$ in this step.

In Step 2, two vertices $v_{j_1'}$ and $v_{j_1''}$ are obtained as v_{j_1-k} and v_{j_1+k} with an integer k satisfying $a_{j_1-k} + a_{j_1+k} < 360$ and $a_{j_1-k'} + a_{j_1+k'} = 360$ for all $0 \leq k' < k$. In Figure 4, v_1 and v_7 are supposed to be rotation centers, and paths $v_0-v_1-v_2$ and $v_4-v_7-v_{10}$ are glued to $v_2-v_1-v_0$ and $v_{10}-v_7-v_4$, respectively. By rotating P_{J_i} around v_{j_1} and v_{j_2} repeatedly, we obtain a horizontally infinite sequence of P_{J_i} as shown in Figure 4(c), whose upper and lower borders are the repetition of the path denoted in double line. The list of the interior angles along the double line is obtained as C'_{J_i} in Step 3. In Figure 4(c), C'_{J_i} is $\{180, 180, 240, 180, 300, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 120, 180, 180, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 300, 180, 60, 180, 300, 180\}$.

In Step 4, we check if $a_{j_3} = a_{j_4} = 180$ holds and $a_{j_3-k} + a_{j_3+k} = 360$ for other gluing of vertices v_{j_3-k} and v_{j_3+k} in C'_{J_i} . If P_{J_i} passes all checks in Steps 1–4, P_{J_i} has a p2 tiling with rotation centers v_{j_1} , v_{j_2} , v_{j_3} and v_{j_4} . In Step 5, we check if the four points meet Theorem 4(2)–(4) and if each triangular face is a regular triangle. As in Step 1, this check can be done from the positions of vertices represented as a linear combination of $\vec{u}$ and $\vec{v}$.

For the JZ solid J84, we can check in the same way by letting the length of the triangular lattice equal to $\sqrt{3}$, and thus, in Step 1, we check if vector $\overrightarrow{v_{j_1}v_{j_2}}$ is one of $\pm(\vec{u} + \vec{v})$, $\pm(2\vec{u} - \vec{v})$, $\pm(2\vec{v} - \vec{u})$.

4 Concluding Remarks

In this paper, we show that the JZ solids J17 and J84 are exceptionally in the sense that their edge unfoldings admit to fold into regular tetrahedra. Especially, some edge unfoldings can fold into a regular tetrahedron in two or three different ways. In this research, the characterization of nets by tiling (Theorem 4) plays an important role. In general, even the decision problem that asks if a polyhedron can be folded from a given polygon is quite difficult problem [5, Chapter 25]. More general framework to solve the problem is future work.

References

- [1] J. Akiyama. Tile-Makers and Semi-Tile-Makers. *The Mathematical Association of Amerika*, Monthly 114:602–609, August-September 2007.

- [2] J. Akiyama, T. Kuwata, S. Langerman, K. Okawa, I. Sato, and G. C. Shephard. Determination of All Tessellation Polyhedra with Regular Polygonal Faces. In *Proc. CGGA 2010*, pp. 1–11. LNCS 7033, 2011.
- [3] J. Akiyama and C. Nara. Developments of Polyhedra Using Oblique Coordinates. *J. Indonesia. Math. Soc.*, 13(1):99–114, 2007.
- [4] A. I. Bobenko and I. Izvestiev. Alexandrov’s theorem, weighted Delaunay triangulations, and mixed volumes. arXiv:math.DG/0609447, February 2008.
- [5] E. D. Demaine and J. O’Rourke. *Geometric Folding Algorithms: Linkages, Origami, Polyhedra*. Cambridge University Press, 2007.
- [6] T. Horiyama and W. Shoji. Edge unfoldings of Platonic solids never overlap. In *Proc. CCCG 2011*, 65–70, 2011.
- [7] T. Horiyama and W. Shoji. The Number of Different Unfoldings of Polyhedra. In *Proc. ISAAC 2013*, pp. 623–633, LNCS 8283, 2013.
- [8] T. Horiyama and R. Uehara. Nonexistence of Common Edge Developments of Regular Tetrahedron and Other Platonic Solids. In *Proc. China-Japan Joint Conference on Computational Geometry, Graphs and Applications (CGGA 2010)*, pp. 56–57, 2010.
- [9] D. Kane, G. N. Price, and E. D. Demaine. A pseudopolynomial algorithm for Alexandrov’s Theorem. In *Proc. WADS 2009*, pp. 435–446, LNCS 5664, 2009.
- [10] J. O’Rourke. *How to Fold It: The Mathematics of Linkage, Origami and Polyhedra*. Cambridge University Press, 2011.
- [11] D. Schattschneider. The plane symmetry groups: their recognition and notation. *American Mathematical Monthly*, 85:439–450, 1978.
- [12] T. Shirakawa, T. Horiyama, and R. Uehara. Construct of Common Development of Regular Tetrahedron and Cube. In *Proc. EuroCG 2011*, pp. 47–50, 2011.

A1 系超伝導トンネル接合素子に関する研究

田井野 徹

1 はじめに

超伝導トンネル接合(Superconducting Tunnel Junction: STJ)素子は高いエネルギー分解能[1, 2]と計数率を有し、広い帯域で用いることができるフォトン検出器である。宇宙物理学、材料科学などに応用可能であり、多くの分野における先端的な研究を支える有効なデバイスであると期待されている。特に、単一光子を検出できるため、量子暗号通信用単一光子検出器として、将来の情報通信分野における利用も可能である。

超伝導金属のエネルギーギャップは Si や Ge といった半導体材料と比較して 3 桁程度小さい。そのためエネルギー分解能の理論限界も STJ は半導体検出器より 2 桁程度高い値を示している。分解能が高いほどエネルギーを精密に弁別することが可能であり、高エネルギー分解能は検出器に不可欠な要素である。

現在 STJ 素子の電極材料には Nb が最も多く用いられている。この理由として液体 He 温度で動作することや、反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching : RIE)装置での加工が容易であることが挙げられる。しかし、Al はエネルギーギャップが Nb のおよそ 1/10 であり、信号となる準粒子をより多く収集できるため、より高いエネルギー分解能を有する STJ 素子の実現が期待できる。

現在 Al を電極に用いた STJ 素子では、5.9 keV の X 線において 10.8 eV の分解能が得られたと報告されている[1]。しかしこの Al-STJ の電極パターンの形成にはウェットエッチングが用いられている。この方法で Al の加工を行うと微細なパターンの形成は困難である。そこで我々はフォトリソグラフィ技術とドライエッチングを用い Al 電極を形成することで、印加磁場の低減が期待できる正規分布関数(NDF)形状の Al-STJ の作製を行った。

本稿では Al-STJ の作製プロセス、 ^3He クライオスタットを用いた 0.4 K における I - V 特性、X 線検出実験の結果について報告する。

2 Al-STJ 素子

2.1 エネルギー分解能

STJ 素子は 2 つの超伝導電極の間に厚さ数 nm 程度の非常に薄い絶縁層を挟んだ構造をしている。フォトン検出の原理は、素子にフォトンが入射すると超伝導電極内のクーパ対が壊され準粒子が励起される。この励起された準粒子を計測することで入射エネルギーを算出することができる。

STJ 素子において、信号となる準粒子数が多いほどエネルギー分解能の向上が見込まれる。Al はエネルギーギャップが 0.17 meV と非常に小さいため、同じエネルギーが入射し

た場合、Nb-STJ 素子よりも多くの準粒子が励起され出力信号も大きくなると考えられる。

また、エネルギー分解能の理論限界は式(1)のような近似式で与えられ、ここで ε は準粒子 1 つを生成させるために必要なエネルギー、 F は Fano 因子、 E は入射エネルギーである。

$$\Delta E_{FWHM} = 2.35\sqrt{\varepsilon FE} \quad (1)$$

Al の場合、エネルギーギャップが $\Delta=0.17$ meV、Fano 因子が $F=0.22$ 、 $\varepsilon=1.68\Delta$ [3]である。5.9 keV の X 線を照射した際の分解能理論値は式(1)より 1.43 eV と算出でき、非常に高いエネルギー分解能が期待できる。

2.2 接合形状

我々の Al-STJ 素子の接合形状には正規分布関数形状[4, 5]を採用した。素子の概念図を図 1 に示す。通常 STJ 素子にはゼロ電圧で、超伝導体間でのクーパー対の移動に伴う超伝導電流(ジョセフソン電流)が流れる。STJ 素子をフォトン検出器として用いる場合、フォトン入射時の検出信号がジョセフソン電流と比べて非常に微弱であるので、これを区別する必要がある。そのため、トンネルバリアに平行な磁場を印加することでジョセフソン電流を抑制している。NDF 形状素子におけるジョセフソン電流の磁場依存性は、

$$I(B) = I(0)\exp\left[-\left\{\frac{\pi B(2\lambda+t)\sqrt{A}\sigma}{\Phi_0}\right\}\right] \quad (2)$$

と表される。ここで、 λ は磁場侵入長、 t はトンネルバリア厚さ、 A は接合面積、 σ は分散である。

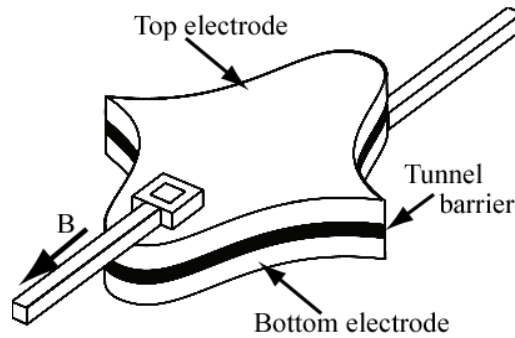


図 1 STJ 素子概念図

3 素子作製方法

我々の Al-STJ 作製プロセスについて以下に述べる。

まず Si 基板上に Al_2O_3 を堆積させた。 Al_2O_3 上に dc マグネトロンスパッタ装置を用いて

Al 下部電極を堆積させ、その後 4000 Pa の酸素雰囲気中に 1 時間置きトンネルバリアを作製した。その上に下部電極と同様にして Al 上部電極を堆積させた。この一連のプロセスは真空を破らずに行った。Al はフォトリソグラフィ技術に用いる現像液に溶解してしまうため、上部電極の上に SiO₂ 保護膜を堆積させた後、フォトレジストを塗布し(図 2(a))、上部電極パターンを形成した(図 2(b))。Al を RIE 装置でエッチングした際、反応性ガスである CF₄ と反応してもガス化せず AlF を生成してしまう。そのため Al はドライエッチングが困難であり、エッチングレートは 2 nm/min 程度である。このため従来 Al-STJ の電極パターン形成にはメタルマスクプロセスやウェットエッチングが用いられてきた[1, 6, 7]。しかしこの方法では NDF 形状のような微細パターンの形成は困難となる。そこで我々は放電形式に ICP を利用したエッチング装置を用い、ドライエッチングを行った(図 2(c))。このときのエッチングレートは 12 nm/min 程度となった。放電ガスには CF₄ を用い、ガス圧力は 1.0 Pa で行った。

このように Al を加工し、Al-STJ の作製を行った。素子の断面図を図 2(d)に、顕微鏡写真を図 3 に示す。図 3 の写真は接合面積 $A = 10,000 \mu\text{m}^2$ 相当、分散 $\sigma = 0.45$ の NDF 形状の素子である。

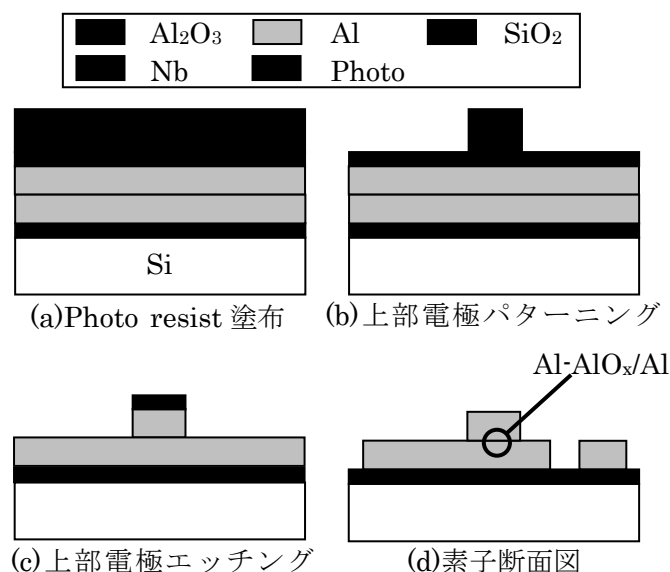


図 2 作製プロセス

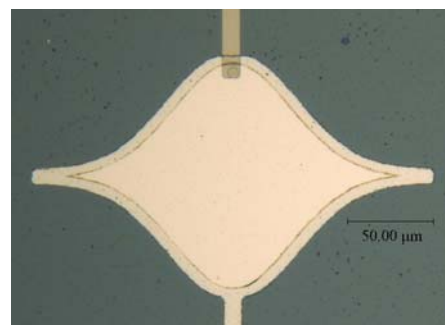


図 3 顕微鏡写真

4 測定結果

作製した素子について、³He クライオスタットを用いて 0.4 K にて I - V 特性の測定を行った。接合面積 $10,000 \mu\text{m}^2$ 相当の素子の測定結果を図 4 に示す。この結果よりジョセフソン電流密度は $J_c = 0.85 \text{ A/cm}^2$ 、ギャップ電圧は $V_g = 0.38 \text{ mV}$ 、0.2 mV におけるサブギャップ電流は $I_{L@0.2\text{mV}} = 180 \text{ nA}$ であった。また、この素子では 3 mT 程度の印加磁場でジョセ

フソソ電流を抑制することができた。さらに低温で動作させることによりサブギャップ電流をより抑制できると期待できる。

これらのことから、ドライエッチングプロセスを用いた NDF 形状の Al-STJ 素子は、フォトン検出器として十分な性能を示すことが期待される。

5 X線検出実験

作製した素子を用いて X 線照射実験を行った。X 線源には ^{55}Fe を用いた。このとき得られた出力信号のプリアンプ波形を図 5 に示す。プリアンプのフィードバックキャパシタンスが $C = 2 \text{ pF}$ であるので、出力電圧から算出するとトンネリングした準粒子の総数は $N = 1.7 \times 10^6$ 個であった。このことより作製した Al-STJ 素子で X 線を検出できたといえる。

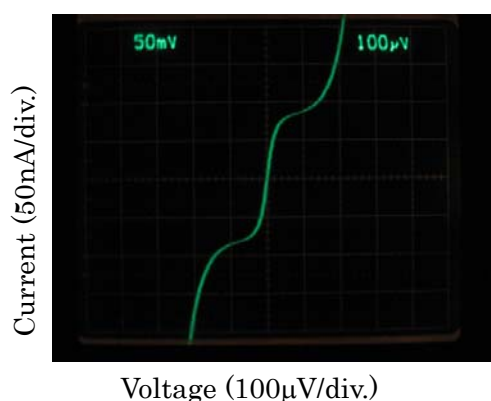


図4 I - V 特性

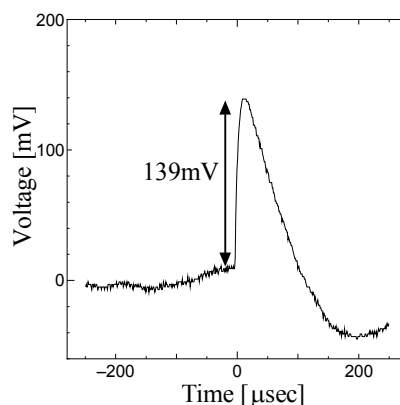


図5 プリアンプ出力波形

6 まとめ

高エネルギー分解能が期待できる Al-STJ 素子について、ドライエッチングプロセスを用いて作製することに成功した。パターン形成にはフォトリソグラフィ技術を用い、微細な NDF 形状の接合を作製した。0.4 K において I - V 特性を測定した結果、リーク電流の小さい良好な素子を作製できたことを確認できた。また、ジョセフソン電流の抑制に必要な印加磁場も 3 mT と小さい磁場で動作させることができた。

参考文献

- [1] M. Huber, G. Angloher, C. Hollerith, A. Ruedig, J. Jochum, W. Potzel and F. V. Feilitzsch, Superconducting Tunnel Junction as detectors for high-resolution x-ray spectroscopy, X-RAY SPECTROM., Vol. 33, pp. 254 (2004).
- [2] G. Angloher, B. Beckhoff, M. Bühler, F. v. Feilitzsch, P. Hettl, J. Höhne, M. Huber, J. Jochum, R. L Mößbauer, J. Schnagl, F. Scholze and G. Ulm, Development of Superconducting tunnel junction detectors for high-resolution X-ray spectroscopy,

- Nucl. Instrum. and Methods, A444, pp. 215 (2000).
- [3] M. Kurakado, Possibility of high resolution detectors using superconducting tunnel junction, Nucl. Instrum. Methods, Vol. 196, pp. 275 (1982).
 - [4] K. Kikuchi, H. Myoren, T. Iizuka and S. Takada, Normal-distribution-function-shaped josephson tunnel junctions, Appl. Phys. Lett., Vol. 77, pp. 3660 (2000).
 - [5] K. Kikuchi, H. Myoren, T. Iizuka and S. Takada, Sidelobes suppression in normal-distribution-shaped josephson tunnel junctions, IEEE. Trans. Supercond., Vol. 11, No. 1, pp. 855-858 (2001).
 - [6] G. Angloher, P. Hettl, M. Huber, J. Jochum, F. v. Feilitzsch and R. L. Mößbauer, Energy resolution of 12 eV at 5.9 keV from Al-superconducting tunnel junction detector, J. of Apply. Phys., Vol. 89, No. 2, pp. 1426 (2001).
 - [7] M. Lissitski, E. Esposito, L. Frunzio, D. Perez de Lara, C. Nappi, R. Cristiano, L. Li, D. E. Prober, G. Angloher, M. Huber, M. Salvato and G. Carbone, Aluminum Superconducting Tunnel Junction as X-Ray Detector: Technological Aspects and Phonon Decoupling from the Substrate, AIP Conf. Proc. Vol. 605, pp. 158 (2002).

大学の IT インフラと情報センター業務のアウトソーシング

吉浦 紀晃

1 はじめに

国立大学の IT インフラは5年のレンタル契約により導入されていることが多い。というかほとんどレンタル契約で導入されている。このレンタル契約には、教育用端末、ネットワーク機器、ファイヤーウォールなどのセキュリティ対策機器、メールサーバや Web サーバなどのサーバ機器、ソフトウェアなどが含まれる。埼玉大学の場合、月額で約 650 万円のレンタル料を支払い、IT インフラを調達している。現在のレンタル契約期間が 2012 年 3 月 1 日から 2017 年 2 月 29 日までであり、そろそろ次のレンタル契約への準備をする必要がある。ちなみにこの文章を書いているのは 2015 年 5 月下旬であるので、次期システムの利用開始まで 2 年ない状況である。通常、IT インフラのレンタル契約を行う場合には、入札の行われる 1.5 年前ぐらいからは入札関連の作業が始まり、その前から IT インフラの設計のための情報収集は行う。入札関連の作業には、IT インフラの設計、機種選定、入札のための仕様書作成が含まれる。

大学の IT サービスにも様々なものがある。学生が利用するメールサービスやインターネットも IT サービスであり、大学の財務会計システムもある。様々な IT システムを大学が利用しているが、その運用形態は大学によって様々である。大学で一元的に管理運用している大学もあれば、それぞれ別々の組織でシステムを運用している場合もある。この文章では、IT サービスの中でも、情報センターが管理運用している IT インフラを対象とし、埼玉大学の情報センターの管理外の IT システムは対象外とする。具体的には、IT インフラには、メールサービス、ネットワーク、教育用端末などが含まれ、財務会計システム、教務システムなどは対象外である。

この文章では、次期 IT インフラにおける課題について述べる。IT 分野は変化が激しいため、ここで述べる検討課題が 1 年後に解決していることもあれば、新しい課題が起き上がってくることもある。しかし、どちらかといえば新しい課題が増えることが多い。また、IT インフラは一旦構築されたあと必ずと言っていいほどバージョンアップなどの作業があり、その作業後の管理運用には新しい技術に対応する必要がある。繰り返しになるが IT 分野は変化が激しく新しい技術に対応するためには日々情報収集と知識の習得が必要になる。つまり、IT インフラを構築し管理運用するというの是一般のインフラの管理運用とは全く違った性質を持っており、急速に変化する IT 技術に対応する能力を必要とする。これは管理運用コストに影響する。IT インフラの設計において管理運用コストも考慮することも必要である。

一方で、IT インフラの管理運用そして構築のコストを軽減するため、または、IT インフ

ラの向上のため、または、止むを得ず、IT インフラの管理運用そして構築をアウトソーシングしている大学も多い。例えば、最近ではメールサービスを Google のサービスを利用して提供している大学も多い。大学の情報センターの業務をアウトソーシングすることは、IT インフラを設計する上で考える上で、検討しなければいけない課題である。そこでこの文章では、情報センターの業務のアウトソーシングにおける課題についても述べる。

なお、予め断っておくが、この文章は大学の IT インフラとそれを運用する情報センターの業務のアウトソーシングについて述べるが、この文章自体とりとめもなく考えたことを書いただけであり、自分自身の考えの整理をするため書いたものである。内容が発散してしまっているかもしれない。

2 現在の IT システム設計時の検討課題

現在の埼玉大学の IT システムの設計を行う際にも、当然ながらいくつかの検討課題があった。この章ではその課題と議論について述べる。

2.1 大学の経費削減

国公立大学に限らないが、大学のコスト削減は重要である。IT インフラは大学の重要なインフラでありその必要性は増加し続けているが、過剰な投資が許される状況ではない。経費も考慮した上での IT インフラの設計を行う必要があった。

現在の IT インフラの設計段階ではコスト削減に重点が置かれた。2012 年 3 月から稼働している現在の IT インフラは、前 IT インフラと比較して、約 30%のコスト削減を行っている。次期 IT システムにおいてもコスト削減は重要な課題になる。

2.2 教育用端末の廃止

コスト削減を考えた場合、教育用端末を設置するか否かは重要な検討課題となる。また、2011 年以前から埼玉大学では英語教育においては学生に PC を持参することを求めており、学生にとって PC を持つことは既に必須であった。よって、教育用端末を設置せずに、情報教育等の授業には、学生に PC を持参させることは可能ではあった。一方で、教育用端末を設置しなければコスト削減という利点があるが欠点もある。第一に学生の利便性の低下である。PC を持参しないと大学において端末の利用ができない。第二に授業時における教育環境の違いである。第一の欠点については、最近ではスマートフォンの普及により、学生に端末を提供する必要性は低下している。しかし、インターネットへのアクセス環境を提供しないことは大学として学生へのサービスの低下である。第二の欠点では、授業の実施が学生の持参した PC で可能であるかどうかが問題となる。例えば、授業で Office に関する授業を行う場合、Office のバージョンが異なれば、それだけで授業の実施が難しくなる、授業を行うには各学生の持参する PC ごとにトラブル対応が必要になる、大学側が想定していない PC を学生が持参してトラブルが発生すると対応できない、などの問題が懸念される。

授業において学生の持参した PC 上で利用環境を統一化させる方法としては仮想化技術の利用などが考えられるが、現在の IT インフラの設計時には高いコストが必要とされるといった問題があった。また、学生の持参した PC が大学のネットワークに繋がらないといったトラブルが起きた場合には、その解決には多大な労力を要する場合がある。無線 LAN などネットワークに繋がらないという事象が起きた場合、オペレーティングシステムのネットワーク部分のソフトウェア、つまり、デバイスドライバのトラブルかもしれないし、様々な要因が考えられる。実際、PC の生産会社がデバイスドライバ等のアップデートを行わないと解決しないということが多い。学生が持参する多様な PC に対してトラブル対応することは多大な労力を必要とする。

以上の点を検討した結果、2012 年 3 月から稼働している現在の IT インフラでは教育用端末を用意することとなった。次期 IT インフラでは教育用端末を提供するかは重要な検討課題である。

2.3 メールなどのサービス提供方法

社会全体でメールや Web は必要不可欠なものとなっており、大学として学生や教職員にメールサービス等を提供することは欠くことができない。メールサービスを提供する方法にも選択肢はあり、大学自体でメールサーバを構築管理運用する方法、つまり、オンプレミスによる方法、Google やマイクロソフトが提供する無料のメールサービスを利用する方法、そして、有料のメールサービスを利用する方法などがある。無料のメールサービスを利用すればコスト削減になるが、運用面での不安がある。利用者がメールを読めないといったトラブルが発生してもその対応を行うことは困難である場合が多い。有料のメールサービスを利用する場合、そのコストが問題になり、価格も様々であるが、例えば Web 上で調べると、メールアドレス 1 つあたり 1G の保存容量で月額 350 円といったサービスを見つめられる。埼玉大学の場合、1 人に 1 つのメールアドレスを配布すると月額 350 万円ほどは必要となる。このコストは大きく、有料のメールサービスを利用することは容易ではない。結果としてオンプレミスを選択するしか残らないということになる。ただし、有料のメールサービスを利用した場合に比べるとはるかに少ないが、オンプレミスにした場合には管理運用コストがかかり、また、ユーザのトラブル対応は大学の IT 部門の職員が対応することになり、この部分のコストが見えない形で存在する。コストの観点から、有料のメールサービスを利用する選択肢はなかった。また、無料のメールサービスの場合、前述した問題に加えセキュリティ上の問題も検討する必要がある。特に、教職員のメールを無料のメールサービスで提供してもセキュリティ上問題がないかを検討する必要がある。

以上の点を検討した結果、教職員のメールサービスはオンプレミスで提供することとなった。これに伴い、学生のメールサービスもオンプレミスで提供することになった。これは、メールサービスを複数種類用意するよりも 1 つに統一したほうが、運用コストが軽減されると判断したためである。2012 年 3 月から稼働している現在の IT インフラではメールサ

ービスはオンプリミスで運用されている。次期 IT インフラでもメールサービスの提供方法は重要な検討課題になる。

2.4 データセンターの利用

停止しない IT インフラは重要である。2012 年 3 月から稼働している現在の IT インフラの設計段階である 2011 年 3 月に東日本大震災があった。この影響で、大学の IT インフラは計画停電の影響を受けた。これによりメールサービス等に影響が及ぶとともに、頻繁な電源の供給と停止により IT 機器の故障を誘発することとなった。対策としてメールサーバ等重要な IT 機器を停電のないデータセンターに移設することで安定したメールサービス等の提供を行うこととした。2012 年 3 月から稼働している現在の IT インフラではメールサービス等はデータセンターを利用している。次期 IT インフラでも同様にデータセンターを利用するかはコストとの兼ね合いから検討する必要がある。

2.5 ネットワーク機器

IT インフラにおいてネットワーク機器は見えにくいものであるが必要不可欠である。重要視されるのは安定稼働であり、このことを考慮にしてネットワークの設計が行われた。それと同時にコスト削減を行う必要もあった。特に、2012 年 2 月まで稼働していた IT インフラ(前 IT システム)においては、全国で最初となる光直収ネットワークという、大学の各部屋から大学のサーバ室へ直接光ファイバーを敷設するというネットワーク構成であり、参考にすべきネットワーク例もなく、設計されたネットワークの安定稼働についても未知数であった。そのため前 IT システムではネットワークのトラブルが度々生じた。2012 年 3 月から稼働の IT システムでは安定稼働を第一に考えて設計されている。しかし、コストの削減が必要であるため、設計当時に一般的である 3 段構成のネットワークではなく、2 段構成のネットワークとし、ネットワーク機器を減らすことで、コストの削減を行っている。また、スマートフォンが広く普及したため、無線 LAN のアクセスポイントは約 300 箇所設置されている。これは従来の 4 倍以上の台数である。今後も無線 LAN の重要性は変わることがないと思われる。次期 IT インフラでは無線 LAN のアクセスポイントのさらなる増設が検討課題となる。

3 他大学の IT インフラに関する話題

次期 IT インフラを考える上で、他大学の IT インフラの状況を参考にすることは重要である。最近の話題は、九州大学の教育用端末の廃止と学生の PC 必携化である。PC 必携化自体は、高知大学、山口大学、金沢大学などの大学で既に行われている。また、静岡大学では情報学部で PC 必携化を行うなど、一部の学部だけで PC 必携化を実施した例もある。九州大学の場合、旧帝大で初めての PC 必携化であったため、そのインパクトは大きい。九州大学の PC 必携化では、学部や学科ごとに学生に対して推奨する PC の仕様を指定している。

基本的に WindowsOS を指定しており、学生が Mac を持参する場合には、VMware か bootcamp により、WindowsOS を利用させている。PC 必携化の目的はコスト削減と安定運用である。教育用端末はコストに加え、安定運用に労力が必要である。PC 必携化することでこの問題が解決する。

また別の話題は、マイクロソフトとの包括ライセンス契約を結ぶ大学が増えていることである。学生や教職員に自由にソフトウェアを提供するというサービスの向上を目指すとともに、包括契約によってライセンス違反などを未然に防ぐことができるという利点がある。また、大学全体としてのライセンス管理を容易にするという利点もある。しかし、包括契約のコストが問題になる。埼玉大学で学生と教職員を含めたマイクロソフトとの包括ライセンス契約を結んだ場合、あくまでも試算であるが年間で 2000 万円以上はかかるのではないと思われる。

次に、IT サービスのアウトソーシングが話題としてあげられる。慶応大学でもメールサービスを Google のサービスにより提供し始めている。多くの大学で可能な IT サービスをアウトソーシングする動きが見られる。無料のサービスを利用する事例や有料のサービスを利用する事例など様々であるが、導入するとしてもこれもコストとサービスの品質の問題を考える必要がある。

4 アウトソーシングの検討

前章でも述べたがアウトソーシングは大学における IT サービスの提供の方法として常に検討課題となる。問題はコストと利便性の兼ね合いである。しかし、この兼ね合いが難しい。ここでは、メールサービスを例にして問題点を考える。

一昔前は、メールサービスはオンプレミスで運用する方法しかなかった。しかし、Gmail などの無料のメールサービスが登場し、大学のメールサービスを Gmail で提供している大学も多い。最近では、Google、Yahoo、Microsoft などが無料のサービスを提供している。しかし、Yahoo はサービスの停止を予定しており、無料のメールサービスは変化が激しい。メールサービスに限らず無料のサービスを利用する場合、注意すべきは次の項目である。

A) 法律的な問題

あくまでも現時点での話であるが、Google のサービスを利用して法的な問題が発生した場合、カリフォルニア州法に準拠することになる。一方で、マイクロソフトのメールサービスの場合には、日本の法律に準拠することになる。何らかの事件が発生して犯罪捜査が入るような場合、法律的な問題が重大になる。メールサーバの存在する場所に依存して適用される法律が異なることになるので、注意が必要である。また、これは契約形態によって変化する。

B) 運用コスト

無料のサービスを利用するから当然運用コストがかからないと思われがちであるが、そうとは限らない。むしろコストが増大するかもしれない。例えば、メールの送信ができな

いとその対応が難しくなる。無料のメールサービスの場合、トラブルへの対応は期待できない。メールサービスをアウトソーシングした状況でメールのトラブルが発生した場合、トラブルの原因がアウトソーシング先のメールサービスによるもの、メール送信者によるもの、受信者のメールソフトウェアによるもの、受信者のメールサーバによるものなどのようにいくつかの可能性がある、これらをすべて調べる必要がある。しかし、無料のメールサービスを利用している場合、アウトソーシング先のメールサービスについては調べることができないことが多く、トラブルの原因を把握することが極めて困難になる。このトラブルの解決は利用者自身が行うか大学の情報センターが行うことになるが、困難が予想される。

C) 要望が受け入れられない

無料のサービスであるから、サービス提供者には義務は発生しない。サービスの変更や停止を突然行う場合もあれば、事前告知した上でサービスの変更や停止を行う場合もある。無料のサービスを利用している以上、サービスの継続の要望やサービスの変更を拒否できない。突然サービスが停止される可能性もあり、利用者にとっては迷惑この上ないばかりでなく、大学の業務や教育に支障をきたす。メールは現在では必要不可欠なコミュニケーション手段であることを考えると、突然の変更や停止は到底受け入れられるものではない。

D) コストの低さ

無料のサービスを利用する理由は当然ながらコストがかからないことである。例えば Google 程度のメールの保存容量と安定度を提供するとなれば、相当のコストが必要となる。また、ユーザ対応までを考えると、さらにコストがかさむ。よって、多くの大学が Gmail などの無料サービスを利用する方向に向かっている。

以上のように無料のサービスを利用したアウトソーシングを行う場合、メールに限らず検討すべき課題が多い。また、有料のサービスだとしても **Service Level Agreement (SLA)** などの検討などが必要となる。**SLA** を求めすぎるとコストが高くなる。京都大学ではメールサービスをマイクロソフトのメールサービスにアウトソーシングし、有料サポート契約を結んでいたようであるが、利用者から見た場合、十分な **SLA** が確保できていたとはいえない事例が報告されている。ただし、コストの低さは魅力的である。仮に現状で無料のサービスでメールサービスをアウトソーシングしようとするれば、Google が妥当であると思われる。

5 大学が提供すべき IT システム

大学として提供すべき IT システムにも様々なものがある。ここでは、埼玉大学における IT インフラが提供すべき IT システムについて議論する。

5.1 学生に提供すべき IT システム

学生に提供すべき IT システムを考える。提供すべきものの中で最も古くから提供されているものは教育用端末であった。つまり、昔はハードウェアであり、それは高価であり簡単には手に入らなかったからである。最近では、PC は高価ではなく、学生の PC 必携化を行う大学も多い。その一方で、スマートフォンの高機能化により、学生が日常生活において PC を必ずしも必要としない状況にもなっており、PC 必携化の考え方が変化する可能性もある。ハードウェアの低価格により PC の提供を大学が行う必要がなくなった今となつては、学生に提供すべき IT システムは、メールサービスなどの IT サービス、キャンパスネットワークの提供、そしてソフトウェア等である。つまり、ハードウェア以外になる。

メールサービスは提供すべきサービスであると思われる。少なくともメールアドレスは必要である。メールアドレスは身元の確認のために利用されている場合が多く、例えば大学が提供しているメールアドレスが就職活動のために利用されることがある。また、最近では携帯電話やスマートフォンの利用のためのメールアドレスしか持っていないといった学生もあり、大学がメールアドレスとメールの保存場所を提供する必要がある。

キャンパスネットワークへの接続は学生にとって重要である。仮に、PC 必携化を行う場合には、キャンパスネットワークの接続ができなければ授業を行うことができない可能性がある。また、携帯電話やスマートフォンの普及により、自宅に PC が利用可能なインターネット接続を持たない、また、スマートフォンのテザリングによつてのみ PC の接続が可能といった学生が増加することが考えられる。学生にとっては、キャンパスネットワークからのインターネットへの常時接続が重要になる。

ソフトウェアライセンスの提供は学生にとっては金銭的なメリットが大きい。また、様々なソフトウェアを利用できることは学生にとっても大きな利点であると思われる。ハードウェアのコモディティ化は進んだが、学生が有料のソフトウェアを利用するという機会は少ないと思われる。学生が購入することが難しいソフトウェアを提供することが重要である。

5.2 教職員に提供すべき IT システム

教職員に提供すべき IT システムとしては、キャンパスネットワークへの接続である。この需要は非常に大きく、また、多少なりともトラブルがあると教職員からクレームが来る。それだけ研究や大学業務にとってネットワークが必要不可欠であるといえる。一方で、セキュリティを十分に確保することも要求される。ネットワークの利用にはセキュリティの確保が必須であるが、これがなかなか大変である。また、メールサービスや Web サーバの提供も必要であり、どちらも研究や大学業務において必須である。これらのサービスを提供する上でもセキュリティの確保は重要である。

これらに加えて今後要求される IT システムとして高性能計算機があるのではないかと個人的には考えている。実は数年前までは幾つかの大学は、スーパーコンピュータを管理運用していた。埼玉大学も管理運用していたが、コスト削減と需要の少なさからスーパーコ

ンピュータを廃止している。最近になって、メモリや CPU を多数持つコンピュータや GPGPU など高性能計算機が数百万円ほどで購入できる。利用頻度にもよるが一教員で購入し利用するには高額であり、大学全体で高性能計算機を用意し、多数の教員や学生により共用することは非常に役に立つのではないかと考えられる。ただし、コンピュータの陳腐化にどのように対応するかを検討する必要がある。

6 大学の IT 部門の役割

様々なサービスをアウトソーシングすることで、情報センターの業務が減少するとともに、コスト削減が実現できるかもしれない。特に、情報センターのスタッフ数に比べ業務量が非常に大きく、業務の軽減が非常に重要である。アウトソーシングを検討するためには、情報センターがどのような業務を行っているのかを分析する必要がある。現在の主な業務内容を列挙する。

1. ネットワーク管理運用
2. 教育用端末の管理運用
3. メールサービスの提供
4. DNS の管理運用
5. Web サーバの提供
6. 認証システムの提供
7. セキュリティインシデント対応
8. ユーザへのヘルプデスク対応
9. 建物の改修新築に伴うネットワークの設計や設置
10. セキュリティの確保
11. ソフトウェアの提供
12. IT に関する技術相談
13. IT システムの設計や運用方針の決定
14. その他

かなり細かく列挙したが、どれもその業務に支障が生じると教育や研究に支障が生じ、最悪の場合大学全体の問題となる。また、大学の他の業務と違う点は、トラブルが起きたら直ちに対応する必要がある、つまり、リアルタイム性が要求される点が違いとしてあげられる。よって、情報センターの業務は精神的には重労働である。列挙した業務は大きくは 3 つに分けることができる。

- 定常的な業務

サービスが停止すると教育や研究に支障が生じる業務である。1 から 6 ままでが該当する。例えば、メールサービスに支障が生じれば大きな影響が及ぶことは明らかであろう。よって、止めることは許されない。また、これらのいくつかは IT システムを利用するための構成要素であるため、情報センターの管理外の IT シ

システムであってもトラブルがあれば、障害が発生の有無を確認する必要がある。この確認も大きな労力を必要とする。例えば、大学の履修登録システムで障害が発生した場合、ネットワークに障害があるのか、認証システムに障害があるのか、DNS に障害があるのかを調べる必要がある。この確認はトラブルの原因を特定するためには必要であり、結果として、ネットワーク、認証システム、DNS に障害がなく、履修登録システム自体に障害があったとしても、障害の有無の確認が必要となる。

- 突発的な業務

突然発生し後回しにできない業務である。7 と 8 が該当する。アカウントの乗っ取りが発生した場合、アカウントの停止を早急に行う必要がある。これは業務時間外であっても行う必要がある。アカウントを乗っ取られて、SPAM メールを大量に送信した場合、大学のメールサーバが SPAM メール送信元として世界的なブラックリストに掲載され、大学からメールを送信できなくなるといった問題が発生する。よって、非常に緊急度の高い業務であり後回しにすることはできない。

- 計画的に対応できる業務

緊急性などが必要とされない業務である。9 から 14 までが該当する。しかし、非常に重要な業務であり専門的な知識が要求される。

これらは既存の業務であり、新規の業務が今後増えることも考えられ、将来どのような業務が必要となるのかを分析することも必要である。アウトソーシングを検討すべき項目としては定常的な業務を中心に考えるべきであるが、コストと SLA の兼ね合いが問題となる。

7 アウトソーシングができないものとコスト

現状で、情報センターの業務でアウトソーシングが現実的ではないのは、建物の改修新築に伴うネットワークの設計や設置、IT に関する技術相談、IT システムの設計や運用方針の決定など技術的な支援や方針の決定などがあげられる。これらの業務の中では以下の項目を決定しなければならない。

- 大学としてどのようなサービスを提供するか
- どのようなネットワーク構成にするか
- どのようなサーバを用意するか
- ユーザ認証はどのように行うか
- コストをどこまでかけるのか
- セキュリティをどうするか
- その他

各項目の決定においては品質とコストを考慮して考える必要がある。利用者の利便性が向上するものについては検討がさらに難しくなる。また、サービスを提供するか否かも選択

肢にあり、検討が難しい場合も多い。

これらの検討項目をアウトソーシングした場合、一体どれほどのコストがかかるのであろうか。Web 上で調べると、コンサルティング 1 人 1 日あたり 10 万円と価格が見つけれたりする。また、1 ヶ月あたりコンサルタント 1 人で 100 万円以上という価格も見つけられる。これらの検討課題は短期で判断ができるものではなく、結果として常時契約を結ぶ必要があり、年間で最低 1200 万円かかることになる。弁護士との相談費用よりも高額だと思われるが、弁護士との相談の場合、相談内容はかなり限定されたものであるのに対して、IT 関連では相談内容が多岐に渡るため高額になるのも致し方ない。

コンサルティングに全て任せたとしても、完全に任せられるかというところではなく、コンサルティングから大学への意見の収取など、大学が全く関与せずということにはならない。本当に任せるということになれば、コストは膨大なものになるであろう。

方針の決定後の作業である IT システム構築と運用をアウトソーシングすることは可能である。ここでも、システム構築を全てアウトソーシングするか自ら行うかが選択肢としてあり大学が決定する必要がある。さらに、システム構築をアウトソーシングするとしても全てアウトソースするのか部分的にアウトソーシングするのかの選択もある。IT システム構築自体はアウトソースされることが多い。また、IT システム自体をアウトソーシングするかどうかという選択肢もあり、クラウド上に用意するか大学自身がハードウェアを用意するか、クラウドを利用するにしてもプライベートクラウドを利用するのかパブリッククラウドを利用するのかなど幾つかの選択肢がある。これらの選択肢からどれを選ぶかは初期コスト、運用コスト、品質等から判断することになり判断基準が多岐に渡る。どれでもいいから選べばいいではないかと考えるかもしれないが、この選択によって運用コストが大きく変わってくるのである。選択基準の中には運用コストもあるではないかと思うかもしれないが、実は運用コストは予測しにくい部分がある。よって、どの選択肢を選ぶかは非常に難しく、アウトソーシングを行うこと自体も難しい面がある。

IT インフラの管理運用についてもアウトソースをどこまで行うかはコストとの兼ね合いから難しい。トラブルを 24 時間対応するとなるとコストは膨大になる。管理運用のアウトソーシングを行うことは常にシステム設計における検討課題となるが、コストとの兼ね合いで実現は難しい。

8 おわりに

この文章では大学の IT インフラとそれを運用する情報センターの業務のアウトソーシングの検討課題について述べた。この文章自体とりとめもなく考えたことを書いてただけであり、自分自身の考えの整理をするため書いたものである。内容が発散してしまっているかもしれないが、何らかの形であってもお役に立てれば幸いである。

本学関係組織の IT 導入における相談サービス

小川 康一

埼玉大学（以下、本学）情報メディア基盤センターでは、学内における IT 関連の導入についての相談も受け付けている。これまでに本学教育学部附属中学校のコンピュータ教室および構内 LAN、無線 LAN 等の整備など、本学関係組織における IT 設備の導入の助言や相談に対応してきた。今回は本学教育学部附属小学校の構内 LAN における相談があり、この対応の一部について紹介する。

今回、附属小学校から寄せられた相談は、導入した iPad がうまくネットワークに接続できないというものであった。具体的には、既設の無線 LAN 環境で 40 台中 5 台程度までしか接続できないという症状である。

現在本学のある大久保キャンパスでは Cisco 社の Aeronet を導入している。同社製品は管理運用の機能が備わっているため、なんらかの接続不具合があっても管理画面での確認ができるため、管理が容易である。一方で、附属小学校に入っている無線 LAN アクセスポイントは、管理機能などがなく、業者が導入した設定情報も事務部門で把握ができていない状況であり、接続状況の把握が困難であった。構内に導入された約 20 箇所の無線 LAN アクセスポイントはそれぞれ単独での管理が必要であり、同時に状況を確認することができない製品であった。

今回の附属小学校の事例では、2 点の課題がある。1 点目は、既存の設置機器が本学の管理運用方針にそぐわないこと、2 点目は、現地に専門知識を持った管理者がおらず、遠隔地にある地理的な問題である。本学で導入している Cisco 社のアクセスポイントを拡張導入することも検討したが、大学と小学校のネットワーク間で認証情報を通過させる必要があり、導入にあたっては大学側のシステムへの悪影響も懸念される。このため、大学のシステムとは切り離されており、管理が遠隔地からでも可能な製品が望ましい。

そこで、本学の全学情報基盤システムを導入している伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、本学の全学情報基盤システムの保守を担当している CTC テクノロジー株式会社の協力を得て、クラウド上での管理が可能な無線 LAN ソリューションである「Aerohive」の試用と、教育用の iPad の動作テストを実施した。

今回試用した無線 LAN ソリューションは Aerohive[1]である(図 1)。Aerohive の特徴は、管理用のスイッチが必要ない点である。通常企業ユースで、管理運用面を考慮した無線 LAN ソリューションでは管理ソフトウェアや管理スイッチが必要となる。通常はハードウェアの管理が必要となり、障害時の対応などを考慮しなければならない。その点、Aerohive は



クラウド上で管理が可能のため、本学附属小学校のように IT に関して専門的な知識を持っている教職員がおらず、離れた大学キャンパス側の少数の管理者で運用を想定するような環境においては最適なソリューションであると考えられる。

図 1 Aerohive のアクセスポイント

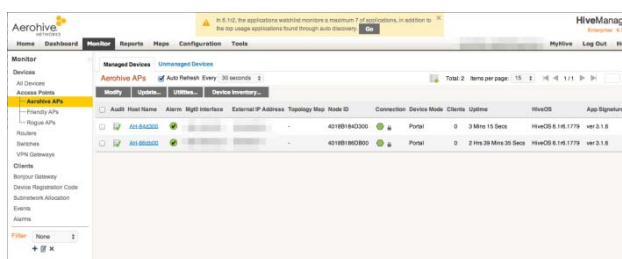


図 2 Aerohive の管理画面

図 2 は Aerohive の管理画面である。この図では 2 台のアクセスポイントが登録されている。附属小学校は、本学キャンパスから約 5Km はなれているが、無線 LAN の動作状況等をネットワーク上から迅速に把握することができた。クラウド上にある管理画面の反応も遅く感じることはなかった。



図 3 無線 LAN 接続実験の様子

図 3 は Aerohive を用いた iPad の動作テストの様子である。約 40 台ある iPad では問題なくネットワークにアクセスでき、YouTube の動画などがストレスなく閲覧できた。見通

しのよい教室では、Aerohive がある場所から離れていても、接続が良好であった。

本稿では、本学附属小学校のインフラの問題点の一つである無線 LAN の接続不具合について、企業と協力しながら解決するという、本学情報メディア基盤センターの取り組みについて紹介した。今回のように教育機関における IT 導入は今後ますます増えていくものと考えられる。IT 関連の導入には専門的な知識や導入する機器の情報が必要となる。今後も当センターのサービスの一環として、本学関係組織の IT 導入の相談役として微力ながら協力していきたい。

この場をお借りして、今回の検証にご協力をいただいた伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、CTC テクノロジー株式会社の方々に感謝を申し上げたい。

***参考 URL**

[1] Aerohive Networks, <http://www.Aerohive.com/>

埼玉大学におけるパスワードの取り扱い

齋藤 広宣

1. はじめに

埼玉大学では、所属する学生、教職員に対し「統一認証アカウント」というものを付与し、学内ネットワークや電子メールなど情報メディア基盤センターで提供する各システムを同一のIDとパスワードで利用できる仕組みを整備している。この統一認証アカウントは、センター以外の部署が運営する一部の学内システムにおいても、利用されている。

本稿では、この統一認証アカウントをはじめとして、利用者が日々利用しているアカウント、ことにそのパスワードについて、それがどのように扱われるべきか、改めて考察したい。

2. パスワードに関する現状

利用者に対して情報メディア基盤センターでは、パスワードが他人の目に触れないようになどの要請を行っている。しかし、【IDとパスワードを、付箋やメモ用紙でパソコンに貼り付ける】などの不適切な行為はいまだ世にはばかり、警戒を続けなければならない状況である。誰かからもらったメモ用紙が、そのまま残って使われるという例もあると聞く。そのほかには、【アカウント通知書を持ち歩き、取り出して入力する】とか【電話番号をパスワードにする】など、パスワード漏えいの危険が高い行為にも注意が必要である。パスワードはランダムな英数字で構成するのが一般的だが、【そんなわけわからない文字の並びなんか、覚えられない】と言ってはばかりない方も、存在しないわけではない。

一方情報メディア基盤センターでは利用者に対し、概ね半期（半年）に1回程度の頻度でパスワード変更を行うように求める施策をとっている。直近のパスワード変更から半年を経過した時点より定期的にパスワード変更を促すメールを自動送信している。ただし今のところ、この通知に強制力はもたせていない。複数の（センター管轄外を含む）システムで同一の認証を行っているため、各システムからのパスワード変更画面への誘導が課題になるためである。この課題をクリアするには、SSO（シングルサインオン）の導入が不可欠であろう。

3. 利用者によるパスワードの管理

パスワードは、利用者以外に知られてはならないという要求がある一方、利用者本人がいつでも使えなければならないという要求もある。この双方をいかにして満足するかが、常にパスワード管理のテーマとなる。

3.1 パスワードの保管方法

以前より、「パスワードはメモしてはならない、頭で覚えておくもの」「パスワードの通知書はすぐに破棄するもの」という指導が行われてきた。もちろん本学においても、そのように保管することが理想と考えてはいるが、近年多くの場所でそれぞれ異なるパスワードを使っている利用者にとっては、相当にハードルが高い要求であることもまた確かである。

どうしてもパスワードを覚えきれないという場合に、「パスワードだけメモする」という対策はある程度有効である。アカウントとはIDとパスワードの組で認証するものであるので、IDがわからなければ不正ログインを許すことはない、という考え方である。ただしIDというものはメールアドレスに関連したりしていて、比較的容易に割り出されると考えるべきであり、メモの紛失などでパスワードが危殆化した場合はやはり直ちにパスワード変更の手続きを取らなければならない。またこの対策は、先にIDを掴まれている場合には無力である。有名人のメールやTwitter、オンラインストレージなどがこれにあたる。有名人でなくても、見返りが大きい（有益な機密情報が引き出せる、など）と攻撃者が信じればターゲットにされるため、注意が必要である。

また近年多く出回っている「パスワード管理ツール」を利用するのも一つの方法である。セキュリティ系ソフトに付随するものやフリーのものなど、さまざまなものが存在している。これは、マスターとなるパスワード1個を記憶するだけで各所のパスワードを使用できる便利なツールであるが、外出先などこのツールをインストールしていない環境では使用できないため、運用に少し留意する必要もある。

3.2 パスワードに関するインシデント

前節では、利用者が持つメモによる漏えいのリスクについて述べたが、本学においてはインターネットを利用した攻撃により、パスワードが漏えいするケースが多い。よく見られるのが、本学のメール管理者を名乗り、『容量がいっぱいになっているから「こちらのサイト」（もちろん偽のログインサイトである）にログインして手続きしなさい』というものである。利用者をだまして正規のメールと誤信させ、パスワードを奪おうとする、フィッシング(phishing)と呼ばれる詐欺行為である。

図1は、本学の利用者に実際に届いたフィッシングメールである（ただし、資料用に加工してある）。このようなシンプルなフィッシングメールは、迷惑メール対策システムでもカットしきれず、利用者に届いてしまうことがある。機械翻訳を思わせる日本語であり、手口はとても洗練されているとは言えないが、ごくわずかながら引っかかる利用者もいたようで、そのような利用者に対しては、緊急にパスワード変更をする対処を行った。

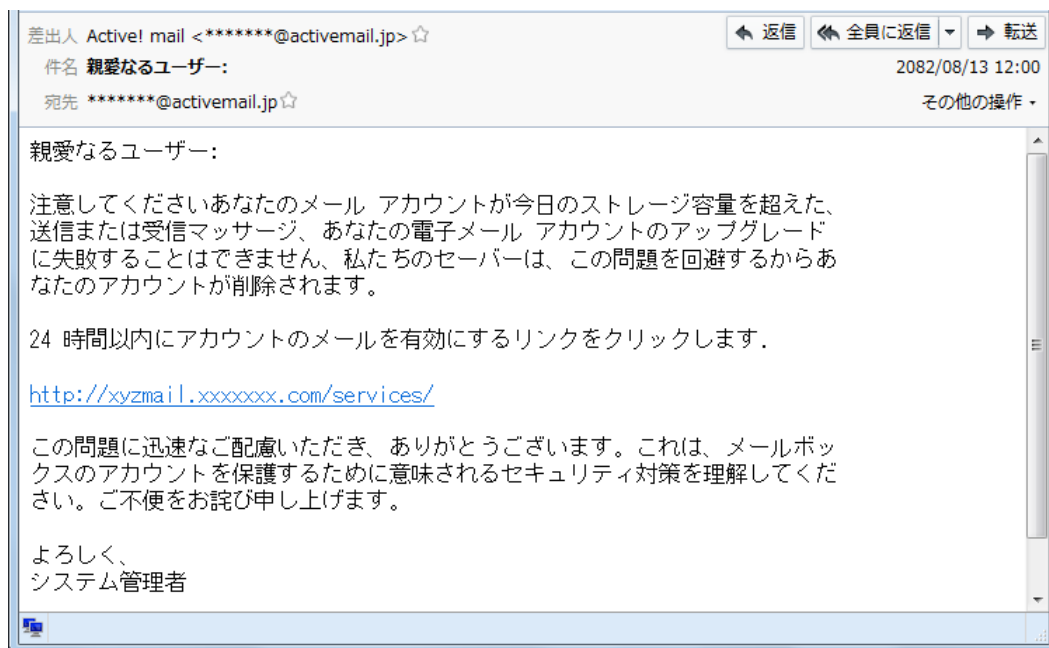


図1：フィッシングメールの一例（一部加工済）

このメールをながめてみると、不自然な文面ながらも『アカウントが削除』『24時間以内』など利用者の不安をあおるキーワードが散りばめられている。また、メールのエラー時には英語のメールが返ってくることなどと思いあわせて、このような英語を直訳したような通知を出すシステムなのか、などという思考もはたらくのかも知れない。このメールのリンクを踏んでしまった利用者は、不審な点はあるとしても、アカウントが消されるかもしれないという焦りが勝ったのだらうという想像はできる。

3.3 パスワードはどのように管理すべきか

本章冒頭でも記したが、あるべきパスワード管理の方法は、リスクと利便性とのトレードオフで決まる。本学におけるパスワード流出のしかたからリスクを検討するに、インターネット経由の頻度が高いから、紙のメモを持つことのリスクは比較的小さい、という主張もあり得るように思える。

しかしもしも、そのような甘いパスワード管理をしている様子を外部の人に知られたらどうであろう。仕事のパートナーならば、信頼を大きく損ない、ビジネスチャンスを失ってしまうであろう。あるいは、外部の攻撃者に攻撃のきっかけを与えることにもなり得る。事件が広まれば、実際の被害によっても話題性の大きさによっても、自分一人で責任が負いきれなくなることもあるだろう。

結局のところ、リスクは小さくとも一般的な基本動作は守らなければならない、ということになる。“覚えられない”“仕方がない”と自らを甘やかしてみても、他者の評価には耐え得ない。最悪パスワードを忘れてしまっても再発行してもらえるのであるから、「パ

パスワードは覚える」ことをまず原則にするべきである。その上で望むらくは、自らのアカウントにどれほどの価値があるのかを理解し、そして誰がどのようにパスワードを盗み取ろうと狙っているのかを知っておいてほしいものである。

4. まとめ

パスワードの取り扱いは、他人には知られず、かつ自分だけはいつでも使えるように管理することが要求される。そしてパスワードには、その人が触れることのできる、業務上その他の重要機密情報の命運がかかっている。これらを考え合わせれば、パスワードは頭で覚えて使うものであり、安易にメモするなど論外である、というごく平凡な結論が導かれる。しかしその所作は外部の方々に信頼されるためにも必要なものであるから、平凡なのではなく必ず守るべき基本の構えであると心得るべきである。

また昨今は、メールなどインターネットを通じた攻撃が顕著に見られる。こういった脅威が存在することに対しても知識を持っておくことが、利用者には求められる。

一方で、守るべき機密に触れない学生利用者や、パスワード忘れが致命的な結果をもたらす（パスワード再発行が不可能な）システム管理者などについては、別の運用が検討されてもしかるべきところである。ただしそれは、リスクや効果、さらに教育的な配慮等をきちんと分析して、適切な対策を取れば、という前提の上である。利用者がリスクその他を理解しないまま安易な運用を行うことは、厳につつまなければならない。

また本稿の内容は利用者個人の取るべき行動にしか言及していないが、組織がセキュリティを担保するには、その組織が責任を持って対策にあたらなければならないことを忘れてはならない。組織の構成員各個人が気をつければ済むものではないこと、これは今やセキュリティの常識である。