

# 超小型衛星教材を用いた技術継承法の検討

## Research of technology inheritance method using the Pico-satellite teaching materials

宮崎・山崎研究室

Miyazaki・Yamazaki Laboratory

久門玲子

Reiko Kumon

In recent years, technology inheritance problem has been researched in a variety of situations. For example, there is in education and research institutions such as universities and the general corporate. The reason is that change of personnel changes and project members. There is a change of members in short period of three years from one year in education and research institutions. Existing members must inherit the technology to new members in that period. The same applies to general companies. Technology that could not be inherited within the period will be tacit knowledge. Tacit knowledge is the asset that could not be seen. As the biggest problem of the inheritance of the technology, there is a loss of tacit knowledge. In this paper, we considered technology inherited method with hands-on training. Hands-on training is using the pico-satellite HEPTA. It was designed to collect technical elements in satellite design. This year, for overseas and education project for freshman were used HEPTA. This training can solve the question as soon as. This training, it can be said that it was effective in order to solve a loss of tacit knowledge. Therefore training with a practice is superior to conventional technology inheritance method.

### 1. 緒言

近年、大学研究室などの教育、研究機関、更には一般の企業において、人事異動等による技術継承問題が検討されている。2008年には団塊の世代が定年を迎え、「技術の継承」が企業の課題となり、様々な視点からの技術の継承が検討された。教育、研究機関や、一般の企業において、人の入れ替わりによる技術の継承の問題に着目すると、教育機関でのプロジェクトでは、1~3年での短いスパンでの人の入れ替わりがあり、技術の継承は、新規のメンバーが加入したあと、技術を持つメンバーがその場にいる間に技術を教えなければならない。企業においても、人の入れ替わりは不可避であり、技術の継承は様々な場面で検討していかなければならない問題であるといえる。

技術継承とは、そのまま技術を受け入れるだけではなく、受け継いだ技術をもとに、そこから昇華させた成長分、さらに新しい技術を取り入れ、不要な技術と必要な技術を選定することで、引き継ぐ技術となる。(Fig.1)

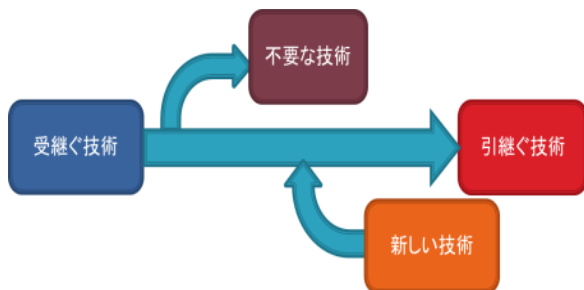


Fig.1 Inheritance of technology

その中で、時間内に吸収、伝えきれなかった技術が少なからず発生し、その技術は暗黙知となる。暗黙知とは属人的に持っている知識のことであり、一般的には「見えない資産」であるといえる。暗黙知を可視化することで、作業効率の上昇が期待できると言われている。技術継承の最大の問題として、暗黙知の損失が挙げられる。暗黙知の損失は、技術を継

承する段階で、受け手側が疑問点をそのままにしてしまうことや、伝える側が何を継承すればよいか不明になってしまうことで発生するといえる。

以上を踏まえて、技術継承をする際には、決められた期間の中で、何を継承するのかを決定し、重要度を踏まえ、暗黙知を持った者が、どのような暗黙知を取り出すのか、伝えていくのかを決定していくことが必要であるといえる。

現在、暗黙知を伝えるには、大きく分けて2つの方法が提案されている。一つめは、暗黙知を暗黙知としてそのまま伝える方法である。OJT(On-The-Job Training)やディスカッション等はこの方法に分類され、効果的に情報を伝達することができる。その反面、情報の拡散性はあまり効果的ではないため、受け手側に一度に多くの技術を伝えられないという欠点が存在する。

2つ目の方法は、暗黙知を形式化し、暗黙知を手に入れる方法である。この方法は、暗黙知を文書化、モデル化等で可視化することによって他社がそこから知識を得る方法である。形式化されたものを手に入れることができれば、多くの人がそこから知識を得ることができるため、情報の拡散性という点では有利である。しかし、暗黙知を持った者がその場になくても成立してしまう方法のため、疑問点を解決できない等の、欠点がある。更に、列挙した2つの技術継承法もそれぞれ「暗黙知の損失」が発生する。

そこで、3つ目の方法として、暗黙知を形式化し、暗黙知を手に入れる方法を用いつつ、技術継承の場に暗黙知を持ったメンター者がいることで、ある程度の情報の拡散性を保ちながら、欠点であった疑問点の解決を通し、暗黙知の損失を解決するという効果もある程度期待できるといえる。そこで本研究では、超小型衛星開発における技術継承問題を解決するために、日本大学理工学部航空宇宙工学科、宮崎・山崎研究室で開発された教育用超小型模擬衛星「HEPTA」(Fig.2)を用いて、技術継承問題にアプローチした。

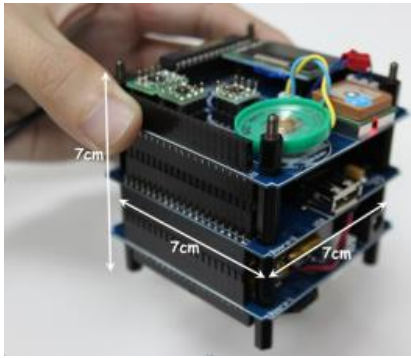


Fig.2 Pico-Satellite HEPTA

HEPTAは、テキスト化されたもので暗黙知を取り出すだけでなく、実践でも暗黙知を取り出すことも可能である。衛星設計に関する技術が集約されていて、形式化されており、情報の拡散性も高いといえ、効率の良い技術継承が可能である。

今年度、HEPTAを用いた講習として、平成27年度宇宙航空科学技術推進委託事業「持続可能な超小型衛星開発・利用を可能にする国際宇宙人材の体系的な育成」の一環である、海外向けのハンズ・オントレーニング、日本大学理工学部航空宇宙工学科で行われている「衛星工房」を行った。どちらも3つ目の方法の暗黙知を形式化し、暗黙知を手に入れつつ、技術継承の場に暗黙知を持ったメンター者がいるという方法をとった。よって、本研究では暗黙知の損失を解決し、よりよい技術継承法を提案するために、3つ目の方法を実施し、技術継承問題にアプローチした。

## 2. 超小型衛星教材「HEPTA」

HEPTAは超小型衛星の開発プロセスを短期に経験し、宇宙工学の基礎形式を獲得することを目的として開発された。宇宙工学の基礎知識を獲得することを目的とされており、衛星システムに近い構成となっている。7cm立方と小さく軽量である。以下にHEPTAの仕様を記す。(Table.1)

Table.1 Specification of HEPTA

Specification	Value
Form factor	7 × 7 × 7cm <sup>3</sup>
Mass	180g
Power generation	5.0V 0.8A, 3.3V 2.0A
Power consumption	1.2W(MAX)
Battery	3.7V, 1000mAh
Uplink/Downlink	2.4GHz
Communication Range	400m
Programming Interface	USB
Device Interface	SPI/I2C/UART/AD
Operating Frequency	100MHz
Data Storage	4GByte

HEPTAのトレーニングキットは、HEPTAのコンポーネントは、

アタッシュケースにまとめられていて、持ち運びが可能である。(Fig.3)



HEPTA Storage Box HEPTA Components

Fig.3 HEPTA Kit

HEPTAの形式化として、資料、テクニカルノート、手順書であるベリフィケーションマトリクス (Verification Matrix : 以下VM) の3つがある。(Fig.4)

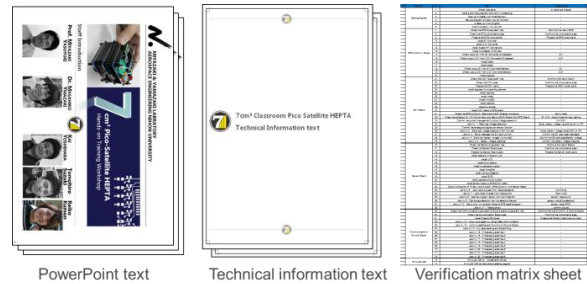


Fig.4 Formalization of HEPTA

VMは「パーツの確認」「利用するソフトのダウンロード」などの初期段階からスタートし、電源系、コミュニケーション等システムごとに確認を行うようになっている。(Fig.5)

Check the box!		Verification matrix	
ID	Section	Item	Target value
		1 Check total parts	All parts are Aligned
	Getting Started	2 Install a software program(Tera Term, processing)	-
		3 Sign up to create your mbed account	-
		4 Save a program to check your environment	-
		5 Create your first program	-
		6 Communication with your PC	-
		7 Check the EPS Subsystem role	Confirms the role of EPS
	EPS & Comm. Board	8 Check the EPS components spec	Confirms the components spec
		9 Prepare the EPS components	Prepare the EPS board parts
		10 Install 5V Converter	-
		11 Install 3.3V Converter	-
		12 Install 3 spec Pin Connectors	-
		13 Install AC adapter to DC jack	-
		14 Check output 5V from 5V Converter(AC adapter)	5V
		15 Check output 3.3V from 3.3V Converter(AC adapter)	3.3V
		16 Install Xbee	-
		17 Install battery	-
		18 Check output 5V from 5V Converter(Battery)	5V
		19 Check output 3.3V from 3.3V Converter(Battery)	3.3V
		20 Install spacers	-

Fig.5 Verification Matrix

テクニカルノートには、詳細なプログラムやハードウェアの説明が記載されている。それぞれの資料は各項目にIDを振ることで相互に参照がしやすい形となっている。

衛星設計における技術要素である構造設計、回路設計、信号伝達、ソフトウェア等の技術が集約され、形式化されており、情報の拡散性も高く、実践学習を通せるので効率の良い

技術の継承が可能であると考えている。更に、ユーザ基盤も備えており、自らミッションを考えて実行することも可能である。音声変換ICやLEDなども搭載しており、宇宙工学や衛星開発の教育ツールとしてだけでなく、より一般的なシステム工学のツールとしての利用も可能である。ほぼすべての主要な搭載機器は取り外しをすることが可能であり、組み立てや統合を繰り返し経験することができる。

### 3. HEPTAを用いたHands-On Training (実践学習)

#### 3.1 海外向け研修

##### 3.1.1 実施内容

平成27年度宇宙航空科学技術推進委託事業「持続可能な超小型衛星開発・利用を可能にする国際宇宙人材の体系的な育成」の一環として、海外の5名の技術者の方にHEPTAを用いた4日間の講習を日本大学理工学部船橋キャンパスで行った。(Fig.6)



Fig.6 For overseas Hands-On Training

宇宙システムに関する基本講義を終えた受講者が対象であり、受講生5人に対し、教員2名、学生講師3名対応した。計3日間の短期間の中で、衛星の役割や仕組み、組み立てや全体の統合などの基本となる事項について、資料等で確認しながら、手順書であるVMに従いながら、電源系、コマンド・データハンドリング系、通信・地上局系、センサ系のハードウェアの組み立て、ソフトウェア開発をし、それに合わせて、機能の確認を随時行いながら統合していくという態勢で行った。受講生からの質問があれば、適宜教員、学生講師が答えるという態勢で行い、HEPTAがすべて組みあがった後は、受講者各自でミッションを考え、フローチャートを作成し、プログラミングを行った。講習最終日にはテスト (Fig5) を行い、理解度の確認を行った。テストはHEPTA全体についての問題や、各サブシステムについての問題、更には自分でミッションを考え、それについてのプログラムのフローチャートを作成し、説明してもらうなどの問題を取り入れた。資料にのっているだけでなく、オリジナルで考えてもらう問題をいれるように工夫した。同時に講習に関するアンケートも実施した。

##### 3.1.2 結果

テストの結果、受講生5人全員が正答率90%であり、衛星設計に関して講習内容を理解してもらえたと判断できる。期間を設定されていたので、その中で講習がすべて終了できるように事前に準備を行ったため、手順書をこなすだけでなく、受講者独自の工夫をし、受講生からでた質疑や、講習の中で発見した改善点を適宜記録し、新たな暗黙知の発見や資料の改善等のより良い形式化をすることができた。質疑が出

た際にすぐに対応できる態勢をとることで、早期の暗黙知の発見が可能であった。

### 3.2 衛星工房プロジェクト

#### 3.2.1 実施内容

HEPTAを用いた技術継承として、3.1節で述べた海外向け研修の他に、日本大学理工学部航空宇宙工学科の衛星工房プロジェクトの新入生教育プログラム (Fig.7) を行った。



Fig.7 Education program of freshman

衛星工房プロジェクトに参加した新入生向けのプログラムであり、衛星設計の初歩的な段階から学ぶ場として企画・運営している。期間は1年間という長期間ではあるが、海外向け研修と違い、衛星設計に必要な要素の講義を行い、随時課題を行っていく。更に、HEPTAのパーツをグループ (約5人ずつ) ごとに配布し、各自すすめていく。質問があり次第、学生講師に直接聞きにくる態勢で行っている。現在も継続中のプログラムである。

#### 3.2.2 結果

長期のプロジェクトであり、受講者独自でスケジュールを組み、衛星設計の企画段階も学ぶことができる。随時、講師や他の班に向けて班ごとの進捗報告を行い、衛星設計における技術をどの段階まで吸収したかを確認している。アンケートを行い、講義についてや班ごとの課題について解答してもらった。(Fig.8)

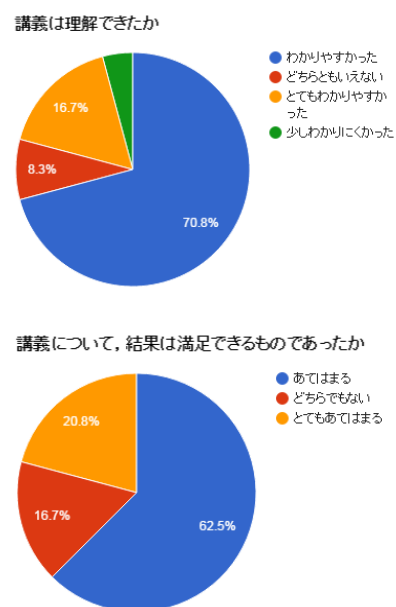


Fig.8 Results of the interview

#### 4. 考察

上記で述べた2つの講習プログラムに関して、講師がプロジェクトの準備をする段階で暗黙知となりうる点を想定し形式化する。それを踏まえて、海外向け研修、新入生教育プログラムともに、暗黙知を形式化された中から取り出すのではなく、形式化の技術継承法に実践学習をプラスし、2段階で技術を継承されるので、形式化された暗黙知を受ける段階で疑問点を持ち、さらに実践段階でも疑問点を持つことができる。これにより「暗黙知の抽出」につながるとかんがえられる。準備段階で技術を継承する側の暗黙知と、技術を継承される側の暗黙知をそれぞれ見つけ出すことができるというのは、技術継承問題の解決に非常に有効であり、「暗黙知の損失」を防ぐのに有効であるといえる。

また、技術を継承する側の暗黙知を持った者（メンター）と継承される側の相互の距離が近いことが、暗黙知の損失を防ぐのに有効であると考えられ、「暗黙知の抽出」という点に関し実践学習を投入した技術継承法は極めて有効的である。以上により、形式化されたものから暗黙知を取り出す方法の欠点であった「効果的な情報の伝達」の問題に関して、実践学習を伴った技術継承法はその問題を解決できる。今回は衛星設計についての技術継承であったが、他の技術継承でも利用できると考えられる。継承する技術を持った者が、設定された期間の中で、何を取り出すのかを決定し、それをもとに何を形式化するのか、実践すればよいかを決定することで、今回のような技術継承法が可能であるといえる。

今回のような技術継承をまとめると、初めに、技術を継承するものが決定され、対象物の技術を持ったメンター者は期間を定め、持っている技術の中で何を取り出すのかを選定する。選定した技術は、形式化するもの、実践化するものに分けられ、メンター者は期間にあうようにそれぞれ形式化、実践化する。それをもとに期間の中で技術を継承していく、という方法である。技術継承の準備段階のメンター者が行うべきである工程は、以下のフローチャート(Fig.9)のようになる。

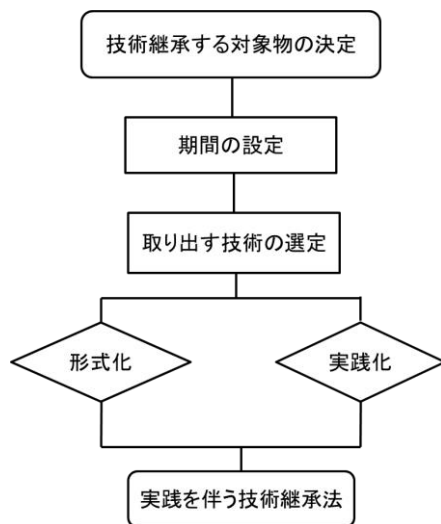


Fig.9 Flowchart of Mentor's of Hands-On training

Fig.9のようなメンター者の準備を踏まえ、メンター者との近い距離での技術継承を行い、暗黙知の抽出をし、形式化や実践化の改善を繰り返し行っていくことで、よりよい技術継承となると考えられる。

#### 5. 結言

本研究では、以下の結論を得た。

- ・形式化されたものを利用した技術継承法に更に実践学習を伴うことで、暗黙知を発見する段階を増やすことが可能である。これは暗黙知をより多く抽出することができ、技術継承問題の解決に不可欠であった「暗黙知の損失」の解決に有効である。
- ・実践学習を用いた技術継承法は、従来の技術継承法より友好的であるといえる。
- ・メンター者と技術継承される側の相互の距離を近づけることで、暗黙知の損失を防ぐことができる。
- ・技術継承に関し、メンター者が技術継承の場において、形式化と実践化を組み合わせた技術継承法を行う方法は、様々な場面でも有効である。
- ・近年、衛星開発は民間企業等でも行われており、人工衛星開発に必要な設計要素、技術要素についての技術継承は、衛星開発を行う予定である民間の企業も必要としている。そのため、HEPTAは様々な場面で利用され、技術継承について様々な視点からアプローチできるといえる。

#### 参考文献

- [1] 遠藤功:見える化-強い企業をつくる「見える」仕組み. 東洋経済新報社. 2005年
- [2] トーマス・メイラン, テリー・ティーズ著, 高橋由紀子訳:NASA 好機をつかむ組織. 日経BP社. 2008
- [3] 齋藤孝:人はチームで磨かれる. 日本経済新聞出版社. 2013
- [4] チャールズ・J・ペレリン:NASAのチームビルディング. アチーブメント出版. 2010
- [5] 宮崎康行:人工衛星をつくる. オーム社. 2011
- [6] 角川雄基:「超小型人工衛星開発における技術継承プロセスの提案」. 日本大学工学部大学院修士論文. 2015
- [7] 上原拓郎:「学生衛星における開発方法論の研究」. 日本大学工学部卒業論文. 2012