The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	欧州大学との光集積回路，光センサおよび光ネットワークに関する修士課程のマルチディグリープログラム
Author(s)	丸田，章博；三科，健；久野，大介
Citation	大阪大学高等教育研究. 2024, 12, p. 95-100
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/94849
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

大阪大学高等教育研究　12（2024），95 − 100

【教育実践レポート】

欧州大学との光集積回路，光センサおよび光ネットワークに関する修士課程のマルチディグリープログラム

丸田　章博[※1]・三科　健[※1]・久野　大介[※1]

Multi-degree program for master course on photonic integrated circuits, sensors and networks with European universities

MARUTA Akihiro[※1], MISHINA Ken[※1], HISANO Daisuke[※1]

欧州大学との光集積回路，光センサおよび光ネットワークに関する修士課程のマルチディグリープログラムを紹介する．コンソーシアムの構成，コース設計，および大阪大学で学んだ学生に関する基礎データを示すことにより，欧州大学とのマルチディグリープログラムの具体的な構築および運営事例を示す．

キーワード：マルチディグリープログラム，修士の学位，フォトニックネットワーク工学，エラスムスプラス・プログラム

We had operated a multi-degree program with European universities for the masters on Photonic Integrated Circuits, Sensors and NETworks (PIXNET) from 2018 to 2022. We introduce the consortium structure which enables us to operate the program and the course design which satisfies both of the master course requirements by European universities and Osaka University. The basic statistics of the students studied in Osaka University are also reported.

Keywords：Multi-degree program, Master’s degree, Photonic networks engineering, Erasmus plus program.

1. はじめに

『光集積回路，光センサおよび光ネットワークに関する修士』（masters on Photonic Integrated Circuits, Sensors and NETworks : PIXNET）コース[1]は欧州委員会（European Commission : EC）の教育・視聴覚・文化執行機関（Education, Audiovisual and Culture Executive Agency: EACEA）が後援するエラスムスプラス・プログラム（Erasmus+ Program : EPP）の一つである[2]．EPPは欧州を中心とした世界標準の高等教育プログラムの構築を目指す先進的な留学奨励制度である．PIXNETコースはフォトニックネットワーク工学の主要な技術分野である光集積回路，光センサおよび光ネットワークに係わる研究者ならびに技術者を養成することを目的とする全日制2年間の課程である．この技術領域は今日，情報通信技術（Information and Communication Technologies : ICT）分野において最も重要な領域の一つと広く認識されており，将来におけるインターネットの基盤技術として，更なる発展が大いに期待されている領域である．すなわち，インターネッ

所　属：[※1]大阪大学大学院工学研究科
Affiliation : [※1]Graduate School of Engineering, Osaka University
連絡先：maruta@comm.eng.osaka-u.ac.jp（丸田　章博）

ト上を流通する情報量は年々増加を続け，光ファイバ通信ネットワークの伝送容量増大に対する要求は当面止むことなく続くと予想される．そのため，高速かつ高効率で柔軟性に富んだフォトニックネットワークの実現を目指した研究開発が益々必要とされている．ICTの世界には国境はなく，PIXNETコースのような世界標準の教育基盤を構築することは，国境を越えた研究者ならびに技術者を目指す世界中の学生にとって極めて魅力的である．著者らは，2018年から2022年にわたって大阪大学におけるPIXNETコースの構築と運営に携わってきた．すなわち，欧州の3大学とともにPIXNETコース運営のためのコンソーシアムを組織し，欧州の大学と対等な立場でコース運営に携わった．本稿では，コンソーシアムの構成，コース設計，および大阪大学で学んだ学生に関する基礎データを示し，欧州大学とのマルチディグリープログラムをどのように運営したかの具体的事例を紹介する．なお，本プログラムはエラスムス・ムンドゥス・プログラムの枠組みで2010年から2016年に実施したフォトニックネットワーク工学に関する修士課程のダブルディグリープログラム（MAPNET）[3] の後継プログラムである．

2. コンソーシアム

PIXNETコースを運営するにあたり，フォトニックネットワーク工学の教育研究で著名な欧州の3大学と大阪大学をメンバー校とし，フォトニックネットワークに係わる研究開発を行っている17社の欧州企業，3つの欧州の公的研究機関および1社の日本企業，1つの日本の国立研究機関を準メンバーとするコンソーシアム（表1）を組織した．このうち，聖アンナ高等学院（Scuola Superiore Sant'Anna : SSSA）が幹事校である．また，準メンバーは，このプログラムの枠組みの中で学生にインターンシップの機会を提供する．一般的に，留学生が海外での短期の就労経験の機会を見つけることは難しい．そのため，インターンシップは海外からの進学希望者を惹きつける魅力的なカリキュラムの構成要素として機能した．

本プログラムを修了することによって，表2に示す修士の学位のうちの2つまたは3つがメンバー校から授与される．複数の学位の組み合わせはそれぞれの学生が選択したモビリティパスに依って決められる．

3. コース設計

3.1. モビリティパスの設計

PIXNETコースが提供するモビリティパスを表3に示す．多国間モビリティパスには，少なくとも欧州の2大学を含む必要がある．1年次，すなわち，第1，第2セメスターでは，学生は欧州の3大学のうちの1校で勉強する．1年次にはフォトニックネットワーク工学に関する基礎科目を履修し，2年次で履修する科目の基礎を習得する．各メンバー校が提供する科目のうちから，学生は各自の既習事項や選好に合わせて履修科目を自由に選択することができる．2年次には，より専門的な内容の授業科目と，修士論文作成に係わる半年の研究プロジェクトが提供される．2年次の第3セメスターは，初年次とは異なるメンバー校で勉強する．また，2年次の第4セメスターでは，いずれのメンバー校おいても修士論文に係わる研究指導を受けることができる．

大阪大学の学事暦と欧州の標準的な学事暦には半年のずれがある．そのため，学生は大阪大学からプログラムをはじめることはできず，表3に示すように欧州大学の第3あるいは第4セメスターに対応する期間を大阪大学で過ごすことになる．

3.2. 大阪大学におけるコース設計

コンソーシアムにメンバー校として参画するためには，欧州の大学と大阪大学における修士課程の修了要件の両方を同時に満たすように，コース設計を行う必要がある．

[欧州の大学における修士課程の修了要件]

修士課程では2年間で120 ECTS（European Credit Transfer and accumulation System：欧州単位互換蓄積制度）を取得する必要があり，これを4等分して各セメスターで30ECTSを取得する必要がある．第1から第3セメスターでは伝統的な講義科目，演習科目，実験科目が提供され，第4セメスターでは修士論文に係わる研究指導が行われる．また，修士論文には30 ECTSが与えられる．

[大阪大学における修士課程の修了要件]

修士課程では2年間で30単位（Japanese Credit System : JCS）以上を取得する必要があり，各セメスターでの取得単位数は規定されていない．なお，30単位は45ECTSに相当する．さらに，修士論文の審査に合

表1　コンソーシアムのメンバー校と準メンバー

PIXNET Consortium Members	
Scuola Superiore Sant'Anna (SSSA)	Pisa, Italy
Aston University (AU)	Birmingham, UK
Osaka University (OU)	Osaka, Japan
Technische Universiteit Eindhoven (TUE)	Eindhoven, The Netherlands

PIXNET Associated Partners			
Ericsson	Sweden	Tyndall National Institute	Irelamd
STMicroelectronics	Switzerland	EFFECT Photonics	The Netherlands
Open Fiber	Italy	Bright Photonics	The Netherlands
Telecom Italia Mobile (TIM)	Italy	VTEC Lasers & Sensors	The Netherlands
Trenitalia	Italy	Phoenix Software	The Netherlands
Rete Ferroviaria Italiana	Italy	Lumerical Solutions2	UK & Canada
Interuniversitary Consortium for Telecommunications (CNIT)	Italy	Pilot Photonics	Ireland
KDDI R&D Lab	Japan	Smart Photonics	The Netherlands
Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO)	The Netherlands	Genexis	The Netherlands
National Institute of Information and Communication Technologies (NICT)	Japan	Phoenix Photonics	UK
Surfnet	The Netherlands	InFibra Technologies	Italy

表2　メンバー校から授与される修士の学位の名称

Consortium Members	Title of awarded degree
Scuola Superiore Sant'Anna	Master on Photonic Integrated Circuits, Sensors and NETworks
Aston University	Master of Science (MSc) in Photonic Integrated Circuits, Sensors and Networks
Osaka University	Master of Engineering
Technische Universiteit Eindhoven	Master in Electrical Engineering

表3　PIXNETコースが提供するモビリティパス

	1st semester	2nd semester	3rd semester	4th semester	Multiples Degree
Mobility path #1	SSSA	SSSA	TUE	TUE	SSSA-TUE
Mobility path #2	ASTON	ASTON	TUE	TUE	ASTON-TUE
Mobility path #3	SSSA	SSSA	ASTON	ASTON	SSSA-ASTON
Mobility path #4	ASTON	ASTON	SSSA	SSSA	ASTON-SSSA
Mobility path #5	SSSA	ASTON	OSAKA	SSSA	SSSA-ASTON-OSAKA
Mobility path #6	SSSA	SSSA	ASTON	OSAKA	SSSA-ASTON

格する必要がある．通常，修士論文には単位は与えられない．

以上に示した両方の修了要件を考慮して，大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻にエラスムス・ムンドゥスコース（PIXNET）を新たに設置した．第3セメスターでは，正規生と特別聴講学生の両方が大阪大学で学ぶことができる．大阪大学において学位取得を希望する場合には正規生（表3のモビリティパス#5に対応）として大阪大学に入学し，学位取得を希望しない場合には特別聴講学生（表3のモビリティパス#6に対応）として入学する．彼らは30 ECTSに相当する20単位を半年で取得することが求められる．その20単位は，8単位の必修科目と12単位の選択科目からなり，それらを表4に示す．大阪大学の修了要件で必要とされる残りの10単位については，それぞれの学生が第1および第2セメスターで在籍した欧州のメンバー校で取得済みの科目の読み替え認定を行う．第4セメスターでは，欧

表4　大阪大学における第3セメスターのカリキュラム（2020年度）

Course	Type	Credits		Units per week (45min/unit)
		JCS	ECTS	
Project	Compulsory	8	12	16
Internship	Elective	4	6	Outside campus for a certain period
Dynamical Systems Theory		2	3	2
Sensing Systems Theory		2	3	2
Energy Systems and Components		2	3	2
Mathematical Foundations of Computer Networking		2	3	2
Quantum Optics		2	3	2
Nonlinear Analysis for Optical Fiber Communications		2	3	2
High-Level Security PBL		2	3	Intensive course
High-Level Security PBL II		1	1.5	Intensive course
Introduction to Modern Applied Optics and Photonics		2	3	2
Lecture on Various Topics in Photonic Network		2	3	2
Surface Diagnostics		2	3	2
Special Topics on Extreme Plasmas		2	3	2
Optoelectronics		2	3	2
Advanced Semiconductor Devices		2	3	2
Semiconductor Physics		2	3	2
Terahertz Science and Technology		2	3	2
Semiconductor Optical Integrated Circuit		2	3	2
Integrated Circuit Design		2	3	2
Molecular Optoelectronic Device		2	3	2
Electron Beam Nano Imaging		2	3	2

州のメンバー校で修士論文作成のための研究を行う正規生については，大阪大学の修了要件を満たすために，大阪大学の教員が修士論文の研究指導をメンバー校の教員と共同して行う．修士論文の最終試験はリモート会議システムを利用して実施した．第4セメスターについては，特別聴講学生のみが大阪大学での修士論文作成のための研究を選択することができ，大阪大学の教員は欧州のメンバー校の教員とともに修士論文作成のための研究指導を行う．執筆された修士論文には，欧州のメンバー校から30 ECTS が与えられる．

4. 学生に関する基礎データ

PIXNETコースは表5に示すように3期にわたって入学者を迎えた．コースを修了した全学生の51% が大阪大学で勉強し，14% が大阪大学の学位を授与された．各期の学生数はEACEAから給付される奨学金のコンソーシアムへの割当額によって決定される．表5から明らかなように，学生は世界中からこのプログラムに参加している．アフリカ，中南米，中近東出身の留学生は，日本ではまだそれほど多くはないが，地理的・歴史的な理由で欧州には多い．

ところで，2020年春から2023年春にかけて新型コロナウイルス感染症が世界中で大流行し，海外渡航が制限されるなど本プログラムの遂行に大きく影響した．そのため，2020年春夏学期，2021年春夏学期，2021年秋冬学期に来日できた学生は皆無であり，授業や研究指導は全てリモートで実施された．また，コンソーシアムの準メンバーである企業あるいは国立研究機関に学生を数週間にわたって派遣して実施するインターンシップについては，2019年秋冬学期に来日した1名の学生しか履修できなかった．その一方，代替措置として利用したリモート会議システムや授業支援システムにより，授業や研究指導が滞りなく実施できたことは，今後の国際共同教育プログラムを設計する上で大変参考になると思われる．

大阪大学で学んだPIXNETコース修了者の主な進路を表6に示す．修了者の約半数は博士課程に進学しており，残り半数は企業に就職している．進学先は欧米にお

表5　大阪大学で学んだPIXNETコースの学生数と学生の出身地

Edition Number	Number of total students completing their Master's	Number of degree awarded by Osaka University	Semester		Number of students studied in Osaka			Students' national origin
					Regular Student	Special Auditor	Total	
1	13	1	3	2019 Autumn	1		1	Pakistan
			4	2020 Spring		6	6	Bangladesh, Ecuador, Pakistan, Russia, Vietnam
2	29	5	3	2020 Autumn	5		5	India, Indonesia, Italy, Pakistan
			4	2021 Spring		9	9	Albania, Azerbaijan, Bangladesh, Brazil, El Salvador, Honduras, India, Nigeria
3	21	3	3	2021 Autumn	3		3	Palestina, Bangladesh, Nepal
			4	2022 Spring		8	8	Colombia, Nigeria, Pakistan
Total	63	9			9	23	32	

表6　PIXNETコース修了者の主な進路

Edition	Year	PhD course	Company
1	2018-2020	Scuola Superiore Sant'Anna, Technical University of Denmark, University of Twente, Boston University, RMIT University	
2	2019-2021	Technical University of Denmark, Universitat Politecnica de Catalunya, Tyndall National Institute, Johns Hopkins University, University of Central Florida, University of Rouen Normandie	Valeo (Spain), Axetris AG (Switzerland), EXFO (UK), LioniX Interntional (The Netherland), PHIX Photonics Assembly (The Netherland)
3	2020-2022	Dublin City University, Universite Gustave Eiffel, Technical University of Denmark	CNIT (Italy), Teradyne Italia SRL (Italy), KPMG (UK), Pilot Photonics (Ireland), Leibniz Rechenzentrum (Germany)

けるフォトニックネットワーク工学の教育研究で著名な大学であり，就職先は欧州の企業や公的研究機関が中心である．このようにPIXNETコースでの修学は卒業後のキャリアに直結しており，コース設定の目的を達成することができた．一方，日本の大学院博士課程への進学や企業へ就職が皆無であったことについては，コロナ禍で来日がかなわず，インターンの機会もほとんどなかったためと思われる．

5. まとめ

欧州大学との光集積回路，光センサおよび光ネットワークに関する修士課程のマルチディグリープログラムを紹介した．コンソーシアムの構成，コース設計，および大阪大学で学んだ学生に関する基礎データを示すことにより，欧州大学とのマルチディグリープログラムの具体的な構築および運営事例を示した．この経験を通して，海外大学との共同研究に加えて，学問レベルが同一の海外大学との共同教育プログラムを運用することは，キャンパスのグローバルな雰囲気を保つ上で極めて重要であることを我々は確信した．

一方，本プログラムはEACEAがスポンサーである関係上，9月入学しか認められず，日本人学生の入学者は皆無であった．近年では，科学技術振興機構などにより，欧州および日本がともに研究費を負担する共同研究プログラム[4]が実施されている．今後，高等教育プログラムにおいても同様の取り組みが開始され，日本人学生が世界標準の教育環境で学ぶ機会を得ることが期待される．

受付2023.9.23／受理2024.1.12

参考文献

［1］http://pixnet.santannapisa.it/（最終確認日：2023/9/20）

［2］https://erasmus-plus.ec.europa.eu/（最終確認日：2023/9/20）

［3］丸田章博，吉田悠来，北山研一（2018）欧州大学とのフォトニックネットワーク工学に関する修士課程のダブルディグリープログラム，大阪大学高等教育研究，6，27-31.

［4］https://www.jst.go.jp/inter/program/announce/announce_scnc2023.html（最終確認日：2023/9/20）