

## Tuning テスト問題バンクー機械工学分野

2015 年 5 月

国立教育政策研究所では、OECD-AHELO フィージビリティ・スタディの成果と課題を踏まえて、「Tuning テスト問題バンク」の取組を構想し、平成 26 年度より「機械工学分野」でモデル事業を展開しています。「Tuning テスト問題バンクー機械工学分野」では、

- 会員制サイトの中でテスト問題を共有します。
- 本取組の趣旨に賛同された大学関係者には、会員として登録していただき、テスト問題の作成、実施と採点、採点結果の報告・テスト問題の改善に御協力いただきます。そうすることで、大学教育のアウトカムに関する共通理解を広く醸成していくことを目指します。
- 会員から御報告いただいた採点結果に基づいて、事務局からフィードバックを行います。そうすることで、教育改善に資する学習成果アセスメントの在り方について議論を喚起し、実績を蓄積していくことを目指します。
- こうした取組を通して、妥当性と信頼性が検証されたテスト問題を十分に蓄積できた時点で、テスト問題の一斉実施も目指します。さらに、「Tuning テスト問題バンクー機械工学分野」は、OECD-AHELO フィージビリティ・スタディ（工学分野）に共同で取り組んだオーストラリアやカナダ・オンタリオ州の大学関係者等とも連携して進めます。そうすることで、アウトカムに関する国際的合意形成も目指します。（CLOCE：Cross-border Learning Outcomes Collaboration in Engineering）

- CLOCE-J 事務局：National Institute for Educational Policy Research, NIER
- CLOCE-A 事務局：Australian Council for Educational Research, ACER
- CLOCE-C 事務局：Higher Education Quality Council of Ontario, HEQCO

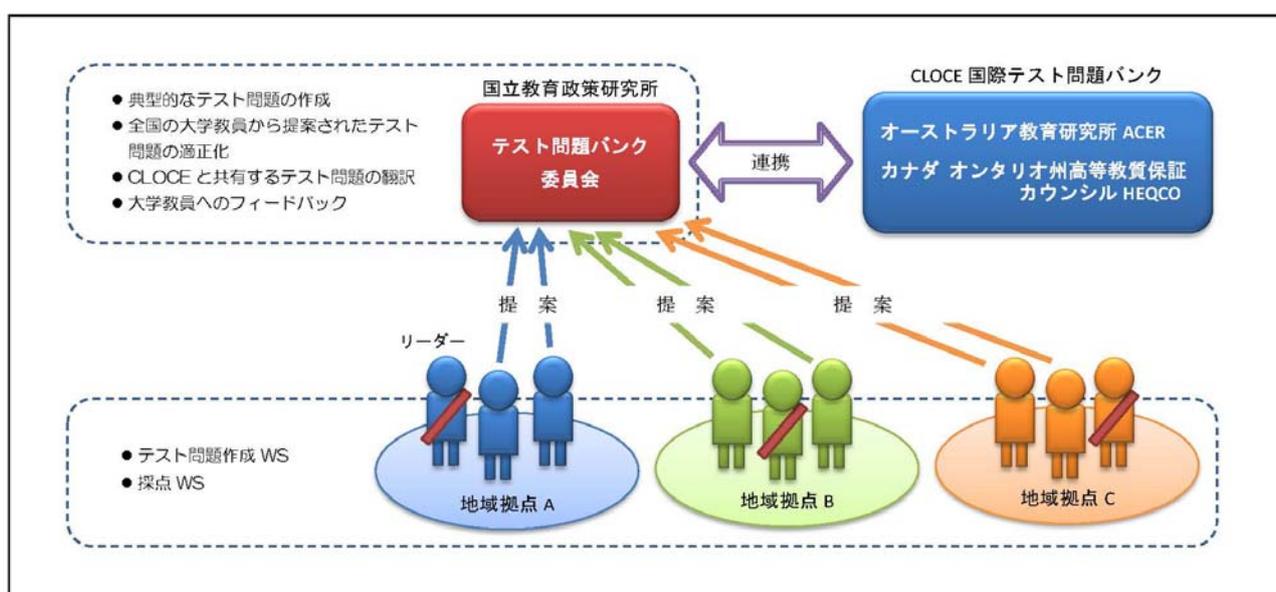


図 1. Tuning テスト問題バンクの取組

## 活動計画と成果

### 《平成 26 年度の計画》

- ◆ 研究チームの結成
- ◆ 「機械工学分野のコンピテンス枠組み」について合意形成
- ◆ 「テスト問題作成の手順」について合意形成
- ◆ 典型的なテスト問題・採点ルーブリックの作成
- ◆ 小規模実査に基づくテスト問題の妥当性検証
- ◆ テスト問題の修正・確定・英訳

### 《成果物》

- ◆ 機械工学分野のコンピテンス枠組み
- ◆ テスト問題作成の手引き
- ◆ 典型的なテスト問題・採点ルーブリック（記述式問題 6 問・多肢選択式問題 45 問）

### 《平成 27 年度の計画》

- ◆ 地域拠点の形成：平成 26 年度メンバーが中核メンバーとなって、新たな会員をサポートする（テスト問題作成ワークショップ・採点ワークショップ）
- ◆ 国際連携を強化する
- ◆ 大学へのフィードバックへの在り方について検討する

### 《平成 28 年度以降の計画》

- ◆ 妥当性と信頼性が検証されたテスト問題が十分に蓄積できていると判断することができれば、テスト問題を一斉に実施して、フィードバックを行う。
- ◆ テスト問題バンクの取組を通して形成されたコンピテンス枠組みに関する共通理解に基づいて、期待されるアウトカムを修得させるための学位プログラムや科目・モジュールの在り方について検討する。

## 工学分野におけるコンピテンス枠組み

工学分野では、技術者の国境を越えた移動が活発化する中で、技術者に求められる力量、そしてその基盤となる技術者教育の質の国際的協調性を確保することを目指す動きが、1980 年代末ごろから顕在化してきました。例えば、技術者教育の質的同等性を国境を越えて相互に承認し合う協定、いわゆるワシントン・アコードがアメリカ、イギリス、カナダ、オーストラリア、ニュージーランド、アイルランドの 6 か国を代表する技術者教育認定団体による調印によって 1989 年に発足し、日本技術者教育認定協会（JABEE）（1999 年発足）も 2005 年から加盟しています。このことによって、JABEE 認定プログラムを卒業した学生は、他の協定国の認定プログラムの卒業生と同等の資格を認められ、協定国において技術者として活動しやすくなりました。

同様に欧州では、欧州技術者教育適確認定ネットワーク(ENAE)が認証する 7 つの団体（ドイツ、フランス、イギリス、アイルランド、ポルトガル、ロシア、トルコ、ルーマニア、イタリアを代表するア krediyasyon 団体）が適格認定を行う EUR-ACE 制度が 2004 年に発足し、欧州高等教育圏内の技術者教育プログラムの質保証を行っています。

工学分野におけるこれらの実績を踏まえて、経済協力開発機構による高等教育における学習成果調査(OECD-AHELO) フィージビリティ・スタディでは、二つの枠組みの基準の共通点を抽出する形で、チューニングの手法を援用しながら、「Tuning-AHELO 工学分野におけるコンピテンス枠組み」<sup>1)</sup>が定義されました（表 1 参照）。

表1. Tuning-AHELO 工学分野におけるコンピテンス枠組み（既存枠組みとの関係）

EUR-ACE 技術者教育認定基準の枠組み	ABET 技術者教育認定基準	Tuning-AHELO 工学分野のコンピテンス枠組み
知識と理解 Knowledge and Understanding	a) 数学、科学、工学に関する知識を 応用する能力	工学基礎・工学専門 Basic and Engineering Sciences
工学的分析 Engineering Analysis	b) 実験をデザインして遂行し、デー タを分析して解釈する能力 e) 工学の課題を同定、整理、解決す る能力	工学分析 Engineering Analysis
工学デザイン Engineering Design	c) 経済、環境、社会、政治、倫理、 健康、安全、生産可能性、持続可 能性などの現実的な制約のもとで、 ニーズに応えるために、システム、 要素、プロセスをデザインする能 力	工学デザイン Engineering Design
調査研究 Investigations	-	(「工学的分析」に統合)
工学の実践 Engineering Practice	f) 職業的・倫理的責任に関する理解 j) 現代的問題に関する知識 k) 工学の実践に必要な技法、技能、 現代的な工学の道具を活用する能力	工学実践 Engineering Practice (「汎用的技能」の一部を含む)
汎用的技能 Transferable Skills	d) 学際的なチームの一員として、 役割を果たす能力 g) 効果的にコミュニケーションを とる能力 h) 工学による解決法のインパクト を、グローバル、経済、環境、社 会的文脈のなかで理解するために 必要な幅広い教養 i) 生涯を通じて学習に取り組む必要 性を認識し、実際に取り組む能力	ジェネリックスキル（一般的技能） Generic Skills (「知識と理解」の一部を含む)

なお、OECD-AHELO フィージビリティ・スタディでは、Tuning-AHELO 工学分野におけるコンピテンス枠組みの5つのコンピテンス領域を、図5の通り概念化しています。すなわち、「工学的分析」「工学デザイン」「工学実践」の下位コンピテンスから構成される「工学プロセス」のコンピテンスは、「工学基礎・工学専門」及び「工学ジェネリックスキル」のコンピテンスに下支えされる「高次」のコンピテンスと想定しています。そして、「工学基礎・工学専門」の学習成果は主に多肢選択式問題、「工学プロセス」「工学ジェネリックスキル」の学習成果は主に記述式問題で測定することを目指しています。OECD-AHELO フィージビリティ・スタディのテスト問題の一部は、AHELO フィージビリティ・スタディ報告書（OECD, 2012）に公表されています。

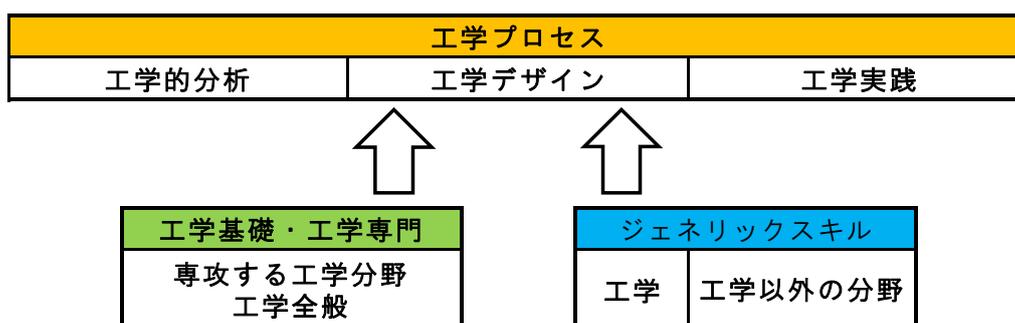


図2. Tuning-AHELO 工学分野におけるコンピテンスの関係

## 機械工学分野のコンピテンス枠組み

Tuning テスト問題バンクでは、OECD-AHELO フィージビリティ・スタディで作成された「Tuning-AHELO 工学分野におけるコンピテンス枠組み」のうち、特に「機械工学分野」の枠組みを採用し、日本の機械工学分野の教育内容の区分を踏まえつつ、テスト問題を作成しています。

表2. Tuning テスト問題バンクー機械工学分野のコンピテンス枠組み

工学ジェネリックスキル (Engineering Generic Skills)	
EGS1 (注1)	個人として、またはチームの一員として、効果的に役割を果たす能力。 The ability to function effectively as an individual and as a member of a team.
EGS2	工学関係者や一般社会と効果的にコミュニケーションを図るために、多様な方法を駆使する能力。 The ability to use diverse methods to communicate effectively with the engineering community and with society at large.
EGS3 (注1)	生涯にわたり、自主的に学習することの必要性を認識して取り組む能力。 The ability to recognise the need for and engage in independent life-long learning.
EGS4	工学の学際性に関する理解。 The ability to demonstrate awareness of the wider multidisciplinary context of engineering.
工学基礎・工学専門 (Basic and Engineering Sciences)	
BES1 (注2)	専攻する工学分野の基礎となる科学や数学の原理に関する知識と理解。 数学には微分・積分、線形代数、数値解析法を含む。 The ability to demonstrate knowledge and understanding of the scientific and mathematical principles underlying their branch of engineering. The basics of mathematics include differential and integral calculus, linear algebra, and numerical methods.
BES2	専攻する工学分野の重要事項や概念に関する系統的理解。 The ability to demonstrate a systematic understanding of the key aspects and concepts of their branch of engineering.
BES3 (注2)	専攻する工学分野に関する包括的理解（最先端の事गरらを含む）。 (i) 高度なプログラミング (ii) 固体力学・流体力学 (iii) 材料科学・材料力学 (iv) 熱学：熱力学・熱伝導 (v) 機械の操作:ポンプ、換気装置、タービン、エンジン The ability to demonstrate comprehensive knowledge of their branch of engineering including emerging issues: high-level programming; solid and fluid mechanics; material science and strength of materials; thermal science: thermodynamics and heat transfer; operation of common machines: pumps, ventilators, turbines, and engines.
工学分析 (Engineering Analysis)	
EA1	既存の方法を用いて工学課題を見極め、解決法を考案、解決する能力。 The ability to apply their knowledge and understanding to identify, formulate and solve engineering problems using established methods.
EA2	工学の成果、過程、方法を分析したりするために、知識と理解を応用する能力。 The ability to apply knowledge and understanding to analyse engineering products, processes and methods.
EA3	適切な分析方法やモデルを選択・適用する能力。 The ability to select and apply relevant analytic and modelling methods.
EA4	文献を検索し、データベース等の多様な資料を活用する能力。

	The ability to conduct searches of literature, and to use data bases and other sources of information.
EA5	適切な実験をデザインして実施し、データを解釈して、結論を導く能力。 The ability to design and conduct appropriate experiments, interpret the data and draw conclusions.
EA6 (注2)	機械工学に係る以下について分析する能力。 (i) 物質・エネルギー収支とシステムの効率性 (ii) 水圧・空気式システム (iii) 機械の要素 The ability to analyse mass and energy balances, and efficiency of systems; hydraulic and pneumatic systems; machine elements.
<b>工学デザイン (Engineering Design)</b>	
ED1	特定の定義された要求に応えるデザインを開発して実行するために、知識と理解を応用する能力。 The ability to apply their knowledge and understanding to develop designs to meet defined and specified requirements.
ED2	デザインの方法を理解し、活用する能力。 The ability to demonstrate an understanding of design methodologies, and an ability to use them.
ED3 (注2)	デザインのためのコンピュータ・プログラムを用いて、機械や機械システムの要素をデザインする能力。 The ability to carry out the design of elements of machines and mechanical systems using computer-aided design tools.
<b>工学実践 (Engineering Practice)</b>	
EP1	適切な装置・道具・方法を選択・使用する能力。 The ability to select and use appropriate equipment, tools and methods.
EP2	工学課題を解決するために、理論と実践を統合する能力。 The ability to combine theory and practice to solve engineering problems.
EP3	適用できる技法・方法とその限界を理解する能力。 The ability to demonstrate understanding of applicable techniques and methods, and their limitations.
EP4	工学実践の非技術的な意味合いに関する理解。技術者倫理・工学実践の責任と規範に従う能力。 The ability to demonstrate understanding of the non-technical implications of engineering practice.
EP5 (注3)	ワークショップや実験を行う能力。 The ability to demonstrate workshop and laboratory skills.
EP6	健康・安全・法律の問題、工学実践が伴う責任、工学による解決策がグローバル・経済的・社会的・環境的文脈に及ぼすインパクトに関する理解。 The ability to demonstrate understanding of the health, safety and legal issues and responsibilities of engineering practice, the impact of engineering solutions in a societal and environmental context, and commit to professional ethics, responsibilities and norms of engineering practice.
EP7	リスク・変動マネジメントを初めとするプロジェクト・マネジメントやビジネス慣行に関する理解、およびその制約についての認識。 The ability to demonstrate knowledge of project management and business practices, such as risk and change management, and be aware of their limitations.
EP8 (注2)	制御・生産システムを選択して活用する能力。 The ability to select and use control and production systems.

出所) OECD(2011)、“A Tuning-AHELO Conceptual Framework of Expected/Desired Learning Outcomes in Engineering,” *OECD Education Working Papers, No.60*. OECD Publishing (<http://dx.doi.org/10.1787/5kghtchn8mbn-en>) (pp. 28-29, 35)

(注1) 重要なコンピテンスではあるが、AHELO フィージビリティ・スタディでは測定されなかった。

(注2) 機械工学に固有のコンピテンス (AHELO フィージビリティ・スタディでは、土木工学固有のコンピテンス)。

(注3) AHELO-FS では、工学実践ではなく工学分析のコンピテンスとして測定した。

表3. 機械工学分野の教育内容の区分

分野・分類		キーワード
基盤	数学	微分・積分、線形代数、複素関数、微分方程式、行列式、固有値と固有ベクトル
	物理学	力の釣り合い、力の合成・分解、力のモーメント、重心と分布力、運動の法則、質点/剛体の運動、仕事とエネルギー、摩擦、運動力と力積
基盤	材料と構造	引張・圧縮・せん断応力とひずみ、弾性と塑性、組合せ応力、多軸応力、真応力と真ひずみ、降伏条件と塑性構成式、ねじりと曲げ、座屈、ひずみエネルギーとエネルギー原理、材料の強度と許容応力、材料の構造と組織、工業材料の性質・機能、破壊
	運動と振動	自由振動、強制振動、過渡振動、共振、減衰振動、1自由度振動系、2自由度振動系、動吸振器、機械要素、運動伝達機構、不等速運動機構
	エネルギーと流れ	状態量と状態変化、状態方程式、エントロピー、熱力学の第一・第二法則、エクセルギーとエネルギー有効利用、熱サイクル、物質の混合、相変化、熱移動（熱伝導、対流伝熱、放射伝熱）、熱交換器、流体の諸特性、静止流体の力学、質量、運動量とエネルギーの保存、層流と乱流、相似則、理想流体、粘性流体、境界層、抗力と抵抗、渦運動、流体機械
	情報と計測・制御	伝達関数、フィードバック制御、過渡応答、周波数応答、位相補償、安定性、根軌跡、PID制御、計測基礎、センサ、アクチュエータ、電気・電子回路、状態方程式と状態フィードバック、計算機利用の基礎
	加工と生産	切削法、工作機械、精密加工、マイクロ・ナノ加工、表面加工、塑性加工、接合、アセンブリ金型、ラピッドプロトタイピング、生産管理
	各分野の応用としての機械システム	産業機器・装置、化学プラント、流体機械、熱機器、内燃機関、動力システム、交通機械、ロボティクス、情報・メディア機器、医療・福祉・バイオ機器、資源・環境システム、宇宙機器・システム

### テスト問題作成の手順（概要）

テスト問題バンク研究会では、テスト問題作成ワーキンググループが中心となって、問題作成に取り組んでいます。

テスト問題は、多肢選択式問題と記述式問題の両方から構成されます。

多肢選択式問題では、「工学基礎・工学専門」コンピテンスを中心に、基礎的な知識・能力の習得を問います。日本の機械工学分野の教育内容の区分に基づいて、偏りが生じないように配慮しながら問題を作成しています。

#### [参考 URL]

- 1) [http://www.oecd-ilibrary.org/education/a-tuning-ahelo-conceptual-framework-of-expected-desired-learning-outcomes-in-engineering\\_5kghtchn8mbn-en](http://www.oecd-ilibrary.org/education/a-tuning-ahelo-conceptual-framework-of-expected-desired-learning-outcomes-in-engineering_5kghtchn8mbn-en)