

(案)

報告

工学システムに対する安心感と社会



令和2年（2020年）〇月〇日

日 本 学 術 会 議

総合工学委員会・機械工学委員会 合同

工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

この報告は、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会 工学システムに対する安心感等検討小委員会での審議結果を踏まえ、総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会において取りまとめ公表するものである。

日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同
工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

委員長	須田 義大	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授
副委員長	野口 和彦	(連携会員)	横浜国立大学 IAS リスク共生社会創造センター客員教授
幹 事	水野 毅	(連携会員)	埼玉大学大学院理工学研究科教授
幹 事	宮崎 恵子	(連携会員)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所国際連携センター副センター長
	遠藤 薫	(第一部会員)	学習院大学法学部教授
	望月 眞弓	(第二部会員)	慶應義塾大学名誉教授・薬学部特任教授
	大倉 典子	(第三部会員)	芝浦工業大学名誉教授・SIT 総研特任教授
	柴山 悦哉	(第三部会員)	東京大学情報基盤センター教授
	桑野 園子	(連携会員)	大阪大学名誉教授
	柘植 綾夫	(連携会員)	公益社団法人日本工学会顧問・元会長
	辻 佳子	(連携会員)	東京大学環境安全研究センター教授
	永井 正夫	(連携会員)	一般財団法人日本自動車研究所代表理事・研究所長、東京農工大学名誉教授
	中川 聡子	(連携会員)	東京都市大学名誉教授
	萩原 一郎	(連携会員)	明治大学 研究知財戦略機構・特任教授
	平尾 雅彦	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	松尾 亜紀子	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部教授
	松岡 猛	(連携会員)	宇都宮大学地域創生推進機構 宇大アカデミー 非常勤講師
	宮崎 久美子	(連携会員)	東京工業大学環境・社会理工学院イノベーション科学系教授、放送大学客員教授
	向殿 政男	(連携会員)	明治大学名誉教授
	矢川 元基	(連携会員)	公益財団法人原子力安全研究協会会長、東京大学名誉教授
	成合 英樹	(特任連携会員)	筑波大学名誉教授
	藤原 修三	(特任連携会員)	国立研究開発法人産業技術総合研究所安全科学研究部門名誉リサーチャー

工学システムに対する安心感等検討小委員会

委員長	大倉 典子	(第三部会員)	芝浦工業大学名誉教授・SIT 総研特任教授
幹 事	辻 佳子	(連携会員)	東京大学環境安全研究センター教授
幹 事	尾崎 繁		目白大学教授
	須田 義大	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授
	柘植 綾夫	(連携会員)	公益社団法人日本工学会顧問・元会長
	中川 聡子	(連携会員)	東京都市大学名誉教授
	野口 和彦	(連携会員)	横浜国立大学 IAS リスク共生社会創造センター客員教授
	萩原 一郎	(連携会員)	明治大学 研究知財戦略機構・特任教授
	松岡 猛	(連携会員)	宇都宮大学地域創生推進機構 宇大アカデミー 非常勤講師
	宮崎 久美子	(連携会員)	東京工業大学環境・社会理工学院イノベーション 科学系教授、放送大学客員教授
	向殿 政男	(連携会員)	明治大学名誉教授
	矢川 元基	(連携会員)	公益財団法人原子力安全研究協会会長、東京大学 名誉教授
	加藤 俊一		中央大学理工学部教授
	椎塚 久雄		工学院大学名誉教授
	庄司 裕子		中央大学理工学部教授
	高寺 政行		信州大学学術研究院繊維学系教授
	長沢 伸也		早稲田大学大学院経営管理研究科教授
	山中 敏正		筑波大学芸術系教授

本報告の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務	犬塚 隆志	参事官（審議第二担当）
	五十嵐 久留美	参事官（審議第二担当）付参事官補佐
	横田 真理江	参事官（審議第二担当）付審議専門職付

1 作成の背景

日本学術会議の第24期では、総合工学委員会・機械工学委員会合同 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会の中に、「工学システムに対する安心感等検討小委員会」を新しく立ち上げた。初めに、「安心感」や「快適感」のような「・・感」という概念について、議論を重ねた結果、まず「安心感」、そしてそれに深く関係する「安心」を対象として、検討することにした。

2 現状及び問題点

「安全・安心」あるいは「安心・安全」と、「安心」は「安全」と並び称されることが多い。しかし、「安全」の重要性に関しては、これまで多くの議論がなされてきたのに対し、「安心」に関する議論は、それに比較して少なく、「安全」が担保されれば「安心」なはずという乱暴な議論すらある。その一方で、工学システムは、安全であっても安心でなければ、あるいは安心感を得られなければ、社会に受け入れられないという現実がある。例えば自動車の自動運転の実現において、この社会受容性が大きな課題となっている。そこで、「安心とは何か」、あるいは「安心感とは何か」ということに真正面から向き合うことは、工学システムの社会受容性の観点からきわめて重要と考えられる。そこで本小委員会では、これを大きな社会的課題であると認識し、議論した。

そもそも「安心」については、その定義が曖昧で、ぴったり対応する英語が無い。Peace of mind、Relief、Sense of security等があるが、どれもしっくりこない。さらに、実は「安全」の定義においても主観が関与していることが共通認識となった。すなわち、これまで「安全」と「安心」は、その対比において、「安全」は客観的な事象で、「安心」は主観的な事象であると考えられていた。しかし、「安全」が2014年のISO/IECガイド51によって「許容不可能なリスクがないこと」と定義されると、どこまでリスクを下げたら安全といえるかは、決定に関与した関係者の価値観に基づき決められ、主観から離れられない。そこで、「安全」と「安心」は、「客観と主観の比率が大きく違うだけであって、根底で共通するところがある」という考えもある。また、両者を「判断基準の違い」から説明する考え方もある。また日本感性工学会では、「安心」を含む種々の感性を対象として科学的方法で研究を行っている。

ここでは、「安心」が「安全」と「信頼」から成り立つというモデルを仮定し、工学システムに対する「安全」と「安心」との関係に焦点を当てた。教育からの視点、さらに社会との関係について、「安心」をどのように位置づけ、「安心」を高めるということの意義を問い、体系的に検討する足がかりをまとめた。

3 報告の内容

- (1) 「安心」の基礎となる「安全」に関する問題自体を体系的に整理する必要がある
「安心」の議論には「安全」の明確化が不可欠である。工学システムに関する安全・

安心・リスク分科会では、安全目標の検討小委員会での審議結果を踏まえ、「提言：工学システムの社会 安全目標 の新体系」を今期中にまとめるので、関係者にはこの提言への対応を期待する。

(2) 工学システムの「安心」を議論するために「安心」の構造を体系的に整理する必要がある

小委員会では、「安心」は「安全」と「信頼」から成り立つというモデルを仮定した。ただし、「安全」は「許容不可能なリスクがないこと」と定義されるが、危害が破局的な場合には許容される余地の無いリスクもあり、また「信頼」にも種々の要素のあることが明らかになった。さらに以下の(3)にも関係するが、社会との関わりについても検討する中で、「安全」と「安心」の関係の双方向性や、「安心」と「安心感」とは違うということも見えてきた。すなわち当初、我々の出発点は、「安心」は「安全」と「信頼」から成り立つというモデルであったが、逆に「安心」から「安全」が規定される側面もあることや、人間の価値観に依存する「安心感」が判断や行動を規定すること等も明らかになった。そこで今後さらに、工学システムの「安心」と「安全」の関係を体系的に整理し、「安心」に関する問題を議論するベースを構築する必要がある。また、違いの見えてきた「安心」と「安心感」であるが、今後はこの両者の違いの明確化も必要である。これらについては、本小委員会を次期にも継続し、理学・工学以外の専門家も委員に加えて、審議を進める予定である。また「安心」は、工学システムの社会受容性に関して必要不可欠な概念であるにもかかわらず、対応する英語が無いことから、構造の体系的な整理と並行して、「Anshin」という日本語とその概念を、「Mottainai」や「Kaizen」等と同様に、海外に発信していく必要がある。

(3) 安心な社会を実現するための要素を明確にする必要がある

小委員会では、工学システムの安心と社会との関係についても取り上げ、ファッションブランドの存在意義[3]や、電気工学、ものづくり、感性工学、自動運転の立場からも、「安心感」の社会との関わりについて検討した。安全であれば必ずしも安心と捉えられるわけではなく、情報不足や人々の無関心に起因する理由のない合理的でない安心（合理的でないリスク評価に基づく安心）は、社会の健全性に影響しうる。しかしこれまで実は、多くの工学システムについて、既知のことも、あるいは何が未知なのかも、十分に社会に説明してこなかった可能性がある。そこで、「安心な社会」を実現するのに必要な要素を明確にする必要がある。そこでは、未知への不安に対する知識を提供する側の責任、信頼できるグローバルな情報と生活に必要なローカルな情報の集約方法や発信方法、想定される不安に対する法律や保障制度といった社会システムとの関係性についても検討が必要である。そこでは、日本学術会議の2010年の提言「日本の展望—理学工学からの提言」の視点に立った掘り下げも必要である。

目 次

1	はじめに	1
2	社会における「安全」と「安心」の位置づけ	2
	(1) 「安全」と「安心」の関係	2
	(2) 「安全」に関する制度、許容、技術等に関する問題と「安心」	3
	(3) 「安全」と「安心」の関係の別の整理	4
3	工学システムに対する安心感にまつわる議論	6
	(1) 安全目標と安心感	6
	(2) 高等教育での環境安全教育における安心感の位置付け	9
	① はじめに	9
	② 新しい環境安全教育手法	10
	③ 全体最適化の重要性	11
	④ 大学の環境安全教育における安心感の位置づけ	11
4	安心感と社会	13
	(1) 電気工学の立場から：電気依存型社会でのブラックアウトから考える「レジリエンス」と「安心感」	13
	① 電力システムのレジリエンス	13
	② 停電の少ない国・日本	13
	③ 電気が途絶えて起きる社会の不安	13
	④ 安心感ある生活	14
	(2) ものづくりの立場から	15
	① もの（人工物）の設計と安心感	15
	② 工学者はいつも不安感を捨てきれない	15
	③ 自然原理の利用	15
	④ 状況や要因が目に見えるか見えないか	16
	⑤ 常識が常に正しいとは言えない	16
	(3) 感性工学の立場から	16
	(4) 道路交通における自動運転に対する社会受容性	17
5	まとめ	19
	(1) 「安心」の基礎となる「安全」に関する問題自体を体系的に整理する必要がある。	19
	(2) 工学システムの「安心」を議論するために「安心」の構造を体系的に整理する必要がある。	19
	(3) 安心な社会を実現するための要素を明確にする必要がある。	20
	<参考文献>	21
	<参考資料1>審議経過	22
	<参考資料2>シンポジウム開催	24

1 はじめに

日本学術会議の第24期では、総合工学委員会・機械工学委員会合同 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会の中に、「工学システムに対する安心感等検討小委員会」を新しく立ち上げ、特に「安心感」に対して様々な側面から議論を行った。

本小委員会は、上述の分科会の委員と、日本感性工学会の主要なメンバーで構成した。初めに、「安心感」や「快適感」のような「・・感」という概念について、京都大学デザインスクール特命教授の中津良平先生から「アジア化する世界」と題する参考文献[1]に基づくご講演を頂き、さらに各委員の話題提供に基づき、議論を重ねた。その結果として、まず「安心感」、そしてそれに深く関係する「安心」を対象として、検討を行うことにした。

「安全・安心」あるいは「安心・安全」と、「安心」は「安全」と並び称されることが多い。しかし、「安全」の重要性に関しては、これまで多くの議論がなされてきたが、「安心」に関する議論は、それに比較して少なく、「安全」が担保されれば「安心」なはずという乱暴な議論すらある。その一方で、工学システムは、安全であっても安心でなければ、あるいは安心感を得られなければ、社会に受け入れられないという現実がある。そこで、「安心とは何か」、あるいは「安心感とは何か」ということに真正面から向き合うことは、工学システムの社会受容性の観点からきわめて重要と考えられる。そこで本小委員会では、これを社会的課題であると認識し、議論することにした。

そもそも「安心」については、その定義が曖昧で、ぴったり対応する英語が無い。Peace of mind、Relief、Sense of security等があるが、どれもじっくりこない。さらに、実は「安全」の定義においても主観が関与していることが共通認識となった。すなわち、これまで「安全」と「安心」は、その対比において、「安全」は客観的な事象で、「安心」は主観的な事象であると考えられていた。しかし、「安全」が2014年のISO/IECガイド51[2]によって「許容不可能なリスクがないこと」と定義されると、どこまでリスクを下げたら安全といえるかは、ある程度客観的に他分野との比較や統計に基づき、決定に関与した関係者の価値観も参考にしながら決められ、価値観や主観から離れられない。そこで、「安全」と「安心」は、「客観と主観の比率が大きく違うだけであって、根底で共通するところがある」という考えもある。また、両者を「視点の差」から説明する、『安全』を考える際の対象は、影響をもたらすシステムや現象もしくはそのシステムを運転する担当者の能力に対する許容性を判断の基準とすることが多く、一方『安心』の判断はシステムを運営する制度や運営主体に対する信頼が反映することもある。」という考え方もある。また日本感性工学会では、安心を含む種々の感性を対象として科学的方法で研究を行っている。

そこで第24期は、工学システムに対する「安全」と「安心」との関係に焦点を当て、特に「社会」との関係について、「安心」をどのように位置づけ、「安心」を高めるといふことの意義を問い、体系的に検討する足がかりをまとめることにした。また、その過程で、日本感性工学会の会誌で「『安心感』への多面的アプローチ」と題する特集を組んだ[3]。

2 社会における「安全」と「安心」の位置づけ

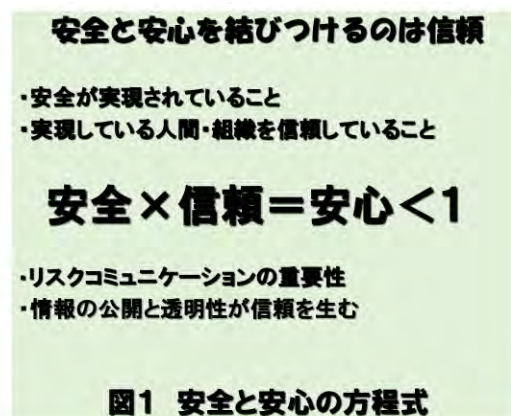
「安全」の重要性に関しては、これまで多くの議論がなされてきたが、最近では「安心」もまた重要な論点になっている。しかし、「安心」を議論する視点が未だ定まっていないため、議論が深まらないことも多い。安心論では、個人の心理学的視点等から議論することも重要であるが、ここでは、安心問題を社会の意思決定における重要な事項と位置付け、安心を論じる際のいくつかの視点を整理する。

工学システムに対する安心は、安全と切り離すことはできない。例えば消費者に、自動車等の製品や情報ネットワーク等のサービス等を安心して使用してもらうには、まず、製品等自体が安全であることが大前提である。現実には、消費者は安心を求め、企業や国は、安全を確保する責任を持っている。

(1) 「安全」と「安心」の関係

小委員会の議論により、「安全」と「安心」の関係は、図1に示すような安心のモデル[4]により、今後の検討をすすめることとした。すなわち、工学システム提供者側が保証する「安全」と受け手の「安心」を結びつけるのは、両者の「信頼」関係であると考えた。いくら企業や国が安全を実現しても、受け手にとって、その安全を実現している機関や人間が信頼できない限り、安心には繋がらないことをこのモデルは表している。そして、安心が1より小さいとは、安全であっても以下に示す4種類の信頼が持てなければ安心でなく、一方安全でないのに信頼し過ぎて安心し過ぎてはいけないということも示している。

- 1) 制度・組織に対する信頼
- 2) 科学技術・専門家に対する信頼
- 3) 自分の知識に対する信頼
- 4) 集合知（他知）に対する信頼



安全を実現している機関が信頼を得るには、一朝一夕ではできない。良い情報も悪い情報も公開して、長い間のリスクコミュニケーション¹を通して、安全や安心のあるべき姿を目指していくことが必要である。

しかし、「一般市民が、リスクに関する正しい科学的知識を知ってもらえれば、安全に

¹ リスクに関する情報やリスク分析に必要な知識や情報を関係者間で共有する活動

関する誤解がなくなり、安心に繋がるはずである」という知識欠如モデルには、安心感を高めるうえで問題がある。一般市民に正しい科学的知識をもって冷静に判断してもらうのが望ましいが、それは簡単なことではない。また、たとえ正しい科学的知識を持ったとしても、それからの論理的帰結に従うとは限らない。価値観は個人によって異なるからである。そして人間の判断や行動を左右する「安心感」が、この価値観に依存するためである。

すなわち、繰返しになるが、「安全」と「安心」は、それぞれ独立に議論できるわけではなく、「安心」は「安全」を前提とした概念である。「安心」を得るためには、まず「安全」なシステムを構築し、さらにその「安全」であることが信頼できる仕組みを持つ必要がある²。

「安心」が得られることは、一般的に好ましいことと考えられているが、市民の「安心」が高まる原因には、市民のリスクに関する知識が乏しい、あるいはリスクに無関心で世論を無条件に受け入れている場合も考えられるため、単に「安心」が高ければ良いわけではない。大事なことは、まず高いレベルの「安全」があつて、それに知識や関心が高い状態に基づく信頼が加わる結果、高い「安心」が得られることである。

公共性の高い工学システムに対する「安心」のための仕組み作りで難しいのは、多様な関係者の意見を調整することが期待されている行政自体が、中立的な第三者ではなく、一方の当事者になる場合があることである。先に記した制度・組織に対する信頼を細分化すると以下の様になる。

- 1) 事業者（企業自体、地元サイト経営、運用担当者個人）への信頼
- 2) 地元行政への信頼
- 3) 国の推進行政への信頼
- 4) 国の安全行政（運用、保守、事故防止制度、防災制度）への信頼

このように多様な関係者の意見を調整する行政自体が、もし一方の当事者になってしまうと、その信頼を高めることは難しくなってしまう。

(2) 「安全」に関する制度、許容、技術等に関する問題と「安心」

「安心」が得られない原因として、「安全」自体の問題が整理されていないことがある。何を実現できれば「安全」といえるのかということや、その「安全」が確保できているか否かということ自体が、明らかになっていないことや共有されていないことが、「安心」を得られない原因となっている。

この状況を打開するためには、「安心」が得られないという問題を解決するためのアプローチの前に、「安全」という視点で問題解決することが必要になる。これについては、工学システムに関する安全・安心・リスク分科会の安全目標の検討小委員会で「安全目標」についての提言をまとめつつあるので、そちらの議論を基礎とする。

ただし、「安全」の定義における「許容できないリスク」の「許容できない」という部

² ここでの議論に対し、逆に安心側から安全を見る側面については、後述する。

分について、図2に示すリスクマトリックスの例の一つを紹介する[5]。この表に関しては、以下の議論があった。すなわち、例え起こりそうにない頻度 (B=2) やあまり起らない頻度 (B=3) であっても、それが一度起きれば破局的な大きさになる (A=4) のであれば、リスクの大きさ (C) は許容可能 (C=2) や受け入れられない (C=3) ではなく、まったく受け入れられないリスク (C=4) ではないかという議論があった。実は、どのようなリスクの値をマトリックスに割り当てるかは、利用する人や組織の価値観により異なっている。すなわち、A=4、B=1 の時にリスクの値としてC=4 を選ぶことは、自由である (ただし、マトリックス表は単調増加の条件を満たす必要がある³⁾)。もしここに4を入れた場合には、破局的な被害が生じる可能性がある場合には、いかに発生する可能性が低くても、この製品やシステムは設計しない、構築しない、使用しないという選択をするということを意味する。

無視できる程度 ← 危害の大きさ → 破局的

		A B			
		1	2	3	4
低 ↑ 頻度 ↓ 高	1	1	1	1	1
	2	1	1	2	2
	3	1	2	2	3
	4	2	2	3	4
	5	2	3	4	4
	6	3	4	4	4

A 危害のおおきさ (横軸)

1: 無視可能な
2: 軽微な
3: 重大な
4: 破局的な

B 頻度 (縦軸)

1: 信じられない
2: 起こりそうにない
3: あまり起らない
4: ときどき起る
5: かなり起る
6: しばしば

C リスクの大きさ

1: 無視可能なリスク
2: 許容可能なリスク
3: 受け入れられないリスク
4: まったく受け入れられないリスク

図2 リスクマトリックス

(3) 「安全」と「安心」の関係の別の整理

そもそも「安全」を検討する際の視点と「安心」を検討する際の視点は異なることが多いという指摘もある。2004年にまとめられた文部科学省「安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会」報告書[6]では、「安全」と「安心」および「安全・安心な社会」について、以上の議論とは概ね同様であるものの、以下のように若干異な

³ 単調増加とは、図2でA=x、B=yの時にC=zが選ばれたとすると、xより大きな(小さな)Aの値、およびyより大きな(小さな)Bの値に対して、Cの値はzに等しいか大きな(小さな)値を取らなければならないことを意味している。例えば、上の例でA=4、B=1でC=4が選ばれたならば、A=4の列では、Bが1よりも大きいB=2、…、4に対してCはすべて4より大きな値(この場合は、すべて4)にならなければならないことを意味している。

る整理をしている。

この報告書[6]では、「安全とは、人とその共同体への損傷、ならびに人、組織、公共の所有物に損害がないと客観的に判断されることである。」とあり、本報告の「安全」の定義とは「客観的に」という点が異なる。また「安心については、個人の主観的な判断に大きく依存するものである。当懇談会では安心について、人が知識・経験を通じて予測している状況と大きく異なる状況にならないと信じていること、自分が予想していないことは起きないと信じ何かあったとしても受容できると信じていること、といった見方が挙げられた。」とあり、「安心」が主観的で「信頼」に依存するという考え方は、本報告と同様である。

3 工学システムに対する安心感にまつわる議論

(1) 安全目標と安心感

安全目標の検討小委員会で取りまとめつつある安全目標との関係から、安心感を考える。安全目標とは何かというと、達成すべき安全のレベルを示したものと言える。目標が達成された場合に安心でき、そのことに納得できると安心感が得られる。極めて単純化したこの説明は一見明快であると思える。しかし、目標を誰が決め、安全であるかどうかのように判断し、安全であれば安心するのか、安心と安心感とは同じものかという疑問が出てくる。さらには、現実社会での種々の工学システムやそれらの使われている状況を考えると、まだ十分に安全が達成されているとは言えないにもかかわらず受け入れてしまっていることがあるのではないかという疑問も出てくる。このような事を考えると簡単には安心感というものを捉えることができないことがわかる。自然災害や事故は種々の対策を施しても一向に無くならない。事故の原因には機器の劣化や偶発的な故障、人間の操作ミスが関与し、また、異常気象、千年に一度の大地震等も原因となる。如何に万全の対策を取っても事故の発生をゼロにすることはできないという認識が浸透してきて、「絶対安全」は存在しないという考えが広く受け入れられるようになってきた。絶対安全が存在しないとすると、リスク（危険）が残っている状態で、どこかで安全だと判断する。そこで国際基準・規格では安全の定義として「許容不可能なリスクがないこと」（ISO/IEC Guide 51）[2]としている。許容可能なリスクとは、「社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク」と規定されているので、安全とは社会的なコンセンサスを基として判断されたものとなる。安全か否かの判断は、科学的分析結果を参考に社会状況等も踏まえ関係者の価値観により決められ、そこには参加者の主観が関与していることになる。すなわち、許容可能なリスクのレベルは、基本的には関係者が合意して決めるもので、そのステップや結果は公開されなければならないという意味からは、客観性は確保されているが、ある程度客観的に他分野との比較や統計に基づきつつ、関係者の共有された価値観や主観を通して決められるので、主観を離れることはできないからである。なお、安全として許容可能なレベルが決められたとしても、それを受け入れるか否かは、各個人の主観によることになる。社会的に合意のとれた安全を決めるためには、判断するための基準・ガイドラインが必要となり、そこで安全目標について検討を進めている。現在、安全目標の検討小委員会では、安全目標を「現状のレベルと比較でき、その許容レベルを定めるもの。一つまたは複数の判断基準を含んだものであり、ステークホルダを考慮に入れた実現可能な目標。」と規定し検討を進めている。安全目標の役割りとしては、以下を考えている。

- 1) 行政が社会の安全レベル目標として示す
- 2) 行政が企業に対して満足すべき安全に関する要件として示す
- 3) 特定の工学システムの安全を検証するための指標
- 4) 技術開発目標としての指標
- 5) 長期的な社会の挑戦目標としての指標

6) 国際的な目標としての位置づけ

安全目標の役割りの中に技術開発目標、挑戦目標等があることから、現実の各種工学システムは安全目標を満たしているとは限らないことがわかる。リスクに基づいた安全目標の構造として2017年の報告[7]では図3に示す姿を提案している。ただし、安心感の記述部分は今回追加した部分である。ここでは、達成できないことが許容されない基準Aと更なる改善を必要としない基準Bが設定されている。基準Aと基準Bの間は、リスクを総合的に判断して対応するALARP (As Low As Reasonably Practicable) 領域となっている。どのような便益があってもそのリスクが許容できないというレベルが基準Aであり、社会状況によってはリスクの許容の可否が異なる状況があるのがALARP領域である。基準Bのレベルが達成されたら更なる改善を必要とせず、安全性向上のための資源を他に活用すべきと考えている。

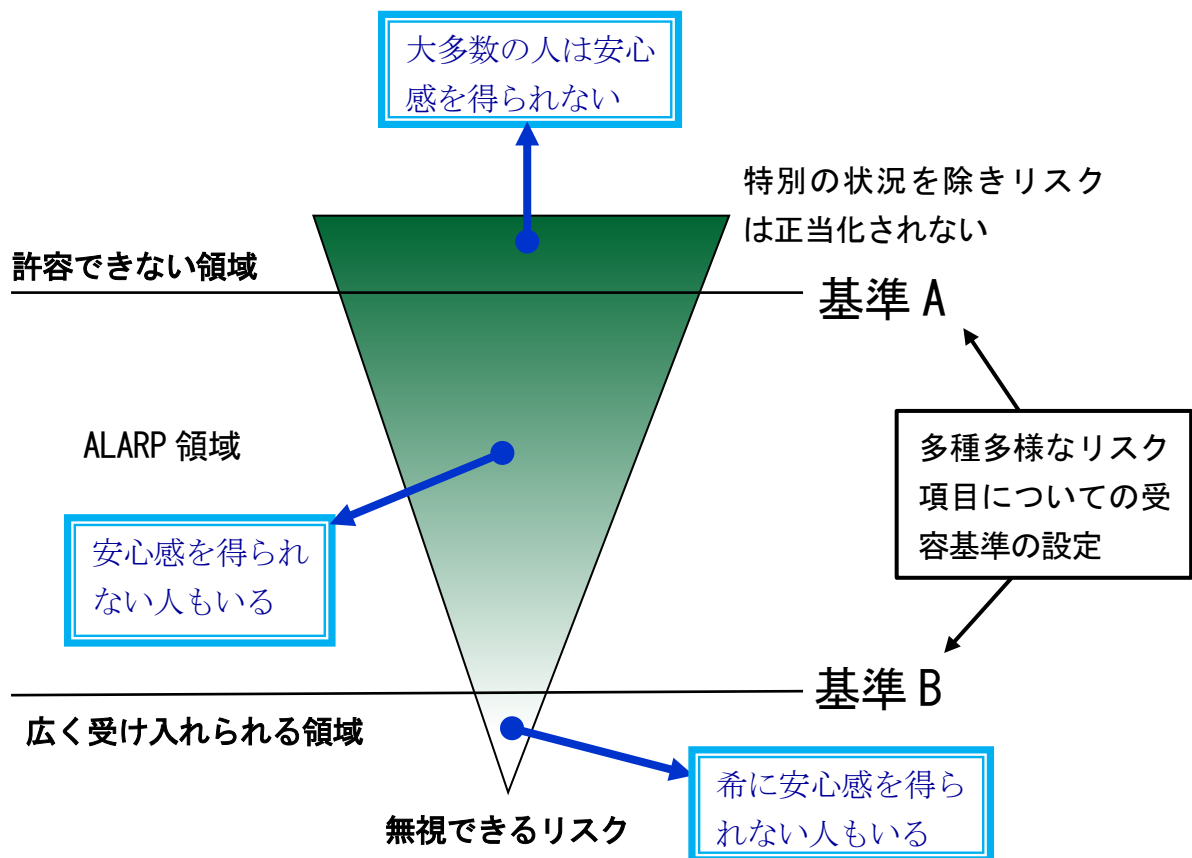


図3 安全目標の基本概念と安心感の関係

「許容不可能なリスク」を社会的な合意により決められれば、社会的に合意のとれた「安全」が定まるが、その方法・枠組みはまだ確立されていない現状である。工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会では、安全との関係で「工学システムを対象とした安心」を検討した結果、『安心』とは、(安全であり、かつ)安全であることが信じられること。『信じられる』とは、理解できるか、説明内容ないし説明者

が信頼できること。」という一応の結論に達した。この考えでは「安全」と「安心」はほぼ一対一に対応していることになる。ALARP領域では「安全」を、得られる便益の大小、経済的・技術的実現性、選択肢の有無等も考慮して総合的に判断している。「安心」には「信じられる」という要素が入ってくるため、主観的、個人的な意味合いが強いと言えるが、「安全」との対応で「安心」が考えられるのである程度の客観性を持っているといえる。これに対し、「安心感」はまさに個人にとっての感覚なので、それぞれの個人に付随したものとなる。つまりは個人がいただいている基準、あるいは個人的な安全目標の枠組みに基づいて得られる感覚といえる。専門家等の他の人によって安心感を与えてもらうものではないと考える。図3には安全目標の基本概念との対応で安心感を書き入れて見た。社会的に妥当と考えられる安全目標・許容不可能レベルと個々人の考えにはズレ・乖離がある場合もある。許容できない領域においてはほとんどすべての人々が安心感を感じることはないであろう。しかし、個人的な安全目標の枠組み感が上方へ大きくシフトしている場合には安心感が得られてしまう事もある。また、情報不足、錯誤により許容できない領域でも安全と判断し、ひいては安心感を持つに至ることもある。これは合理的でない安心感とでもいえる。ALARP領域ではリスクを総合的に判断して安全を定めているが、安全と判断されても基準Bに向けて不断の努力がなされるべきとされている。現在の状態は総合的に判断された安全ということである。これに対し、安全と判断しても個人が抱えている感覚である安心感が得られない場合があるのではないか。ビジネスで外国へ行く場合は便益を考えると航空機以外の選択肢は皆無といえる。私達は航空機は安全な乗り物と判断し利用しているが、一抹の不安を感じている人は多々いるのではないだろうか。その場合安心感とは得られていないこととなる。逆に、何度も航空機を利用した経験の積み重ねから、航空機技術・運航会社への信頼が生じ、安全の判断を経ることなく安心感が発生しているのではないだろうか。基準B以下の領域（広く受け入れられる領域）では、もちろん多くの人々が安心感を持って種々の工学システムを利用している。しかしながらこの基準B以下の領域において、いかにリスクが小さくてもゼロではないことを受け入れられない人にとっては個人的な感覚である安心感とは得られない。

(2) 高等教育での環境安全教育における安心感の位置付け

① はじめに

エネルギー・環境問題、少子高齢化問題、災害など複雑多様化している社会的課題の解決と経済発展を両立させる“Society 5.0”の実現に挑む中、今の常識や価値観では考えられない未来社会では、リスクもまた今の常識や価値観の延長上にはない。すわわち、未来社会の安全・安心を既存の枠組みを超えて考えることは、持続可能な未来社会を創造するために必須である。また、産業界の生産活動現場では、近年、人材の多様化や重大事故の多発が課題となっている。それらの事故は装置のメンテナンス中や予期せぬ災害や停電などに起因しており、つまり、非定常作業のときに主に起きているのが現状である。このような状況の中、大学等の使命には、人々の生活を豊かにするためのイノベーションに立脚した持続可能な安全・安心社会の実現のために世界最高水準の研究成果を上げることと同時に、環境安全に関する社会的責任として事故の未然防止・安全性確保・コンプライアンス、環境安全に関するグローバルな素養を身につけた人材育成がある。

現代社会・未来社会の構造は、大学の研究現場[8]に縮図を見るように、「空間」において「モノ」「ユーティリティー」「人」が相互に緊密に関連し、複数のシナリオが時間・空間的に「共存」している複雑系システムである。そのような状況の中、安全・安心を確保するために、あらゆる分野にも適用できるマニュアルを求めるのでは実効性が薄く、各分野に対応可能なフレキシビリティが要求される。初等教育・中等教育につづく大学での高等教育では、教育研究を通じて、各分野での専門知識を習得した人材育成と同時に、社会との接合点として広い視野を持ち、思考力・実践力を身につけた課題解決型人材の育成が期待されている(図4)[9]。本稿では、大学における合理的かつ実効的な環境安全教育の実現のために必要な視点と安心感の位置づけについて述べる。

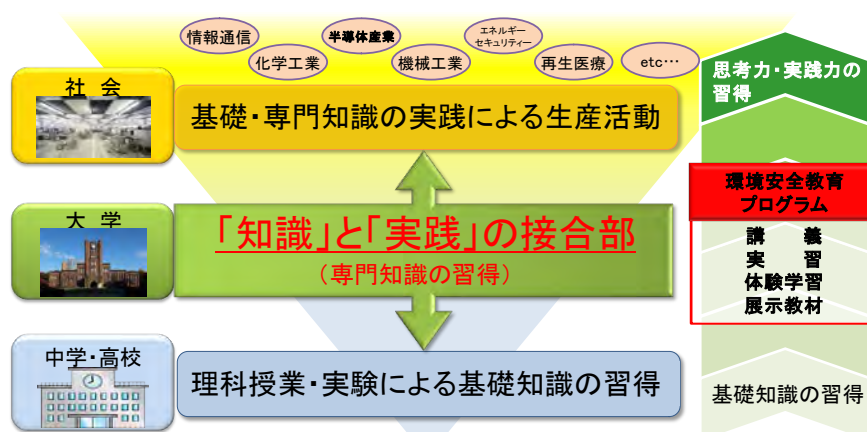


図4 大学における課題解決型人材育成の必要性

② 新しい環境安全教育手法

ア 段階的教育の体系化

図5に東京大学で構築している環境安全教育プログラムにおける、基礎から専門知識までの教育の体系化を示す。分野によらない共通リテラシー教育として、理科系文科系にかかわらず全学生を対象とした「環境安全基礎」において、環境安全の考え方、パブリックアクセプタンスを含めた安全配慮姿勢、大学の活動と構成員の責任、コンプライアンス、防災、緊急時対応についての教育が必要となる。その次に、主に理科系学生を対象とした専門分野によらず共通して考えるべき「実験安全の基本」および「実験室管理の基礎」において、実験研究における環境安全についての学習が必要となる。文科系学生には、「デスクワーク安全」のみならずリスク管理の基礎などを文系的思考に基づいて考察するといった学習が有効と考える。また、外国人向けには、出身国によって異なる安全文化に鑑み、日本特有の安全文化や法律・日本特有の安全文化や法律・規則の違いの基本的な考え方について学習することが、その後の、各論の理解に繋がる。これらの基礎教育の後に、各専門分野に応じた各論における具体的な知識と想定外の現象に対して自らがとるべき行動を瞬時に正しく判断できる思考力を身につけるための学習が必要となる。人の専門分野は、自身のキャリアや社会のニーズによって変わっていくことも多い状況において、このような段階的教育で分野によらない基礎の上に各論を積算していくことにより、大学においても研究推進の活性化・学際化、人材の流動化やキャンパスの国際化に対応できると考える。さらに、より専門性の高い教育を必要とする博士課程の学生や研究室管理を行う立場のスタッフに対しては、アドバンスト各論が必要となってくる。アドバンスト教育の普及は、最先端の研究を遂行している専門集団である大学において、研究に必要な知識とスキルを研究現場で具体的な実験を通じて計画的かつ継続的に指導する、いわゆる OJT (On the Job Training) の教育効果を最大限に発揮することが可能となる。

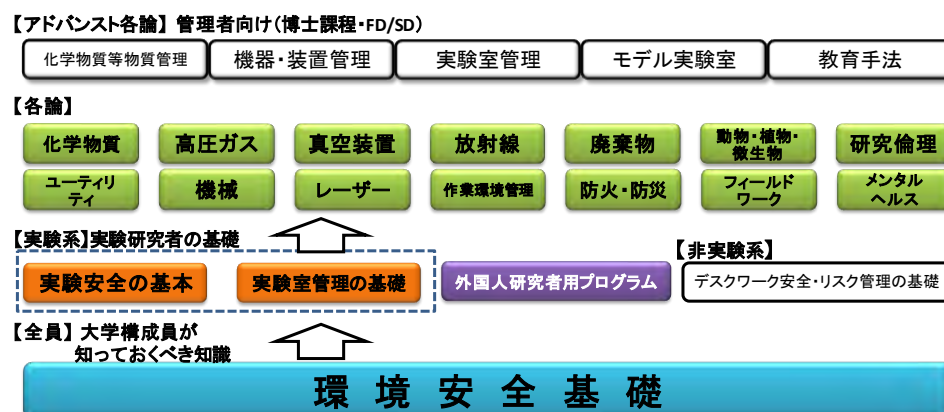


図5 環境安全教育の体系化

イ 座学を実学にする教育教材の開発

個々の研究者が、規則や規制の遵守にとどまらず、研究者自らが環境安全を自分

の問題として捉え、自発的に考えるようになるためには、環境安全教育が実際の研究現場の実態と乖離しないこと、作業手順の標準化とその徹底のための講習ではないこと、座学で得た識を実践的な知識にすることが可能な教育であること、が重要である。その実現のためには、実験データに基づいた考察ができる教育教材を開発し、座学・実習・体験学習・演習を組み合わせた、合理的かつ実効的で具体的な手法が必要である。

具体的な教材として、実験室環境に関する実習教材、一つの実験室で複数人の研究者がそれぞれ別の目的で基礎的な実験操作をする中で、自分あるいは他者の誤作動により事故に起きてしまうことをバーチャルリアリティの技術により仮想体験する学習教材、危険物に関する起きうる事故のビデオ教材などを制作し、教育プログラムとして集積している。

③ 全体最適化の重要性

化学物質のリスク評価を一例にすると、局所的な作業環境の向上とそのために稼働させる局所排気装置によるCO₂排出等による広域な環境影響はトレードオフの関係にあり、プロセスハザード評価、ライフサイクルアセスメント、リスクアセスメントの解析結果に基づいて研究活動ライフサイクルを検討し、総合的なリスク評価を行う必要がある。また、昨今社会的課題となっているプラスチック問題についても、海洋流出に伴うマイクロプラスチックの生態系への影響に注目が集まっているが、本来は海洋・海洋資源の保全に領域を絞らず、資源全体の炭素循環フローの視点から、CO₂などの環境負荷や化石資源消費に向けたリサイクルなど資源循環の位置付け、それに要する費用とのトレードオフなど、環境安全と経済性の両立を踏まえた全体最適化の視点が重要である[10]。

また、上述のような定常状態における全体最適化に加えて、特に緊急時のような非定常状態においても、過去の知見や経験に基づき、複数のリスクを考慮した上での全体最適化を図ることが重要である。

④ 大学の環境安全教育における安心感の位置づけ

本学では、教育プログラムの受講を通じて、環境安全に関する素養を身につけた人材の社会への輩出、また、新しい教育手法やコンテンツを国内外に提供することによるシナジー効果により、国内外の環境安全水準の向上と新しい教育手法の定着に取り組んでいる。大学は、教育研究開発活動における安全の確保と大学活動に起因する環境への負荷低減といった社会的責任を果たす責務がある。加えて、以下の3点を教育することが重要である。

- 単にリスクを科学的に評価するだけではなく、複数のリスクを総合的に判断すること
- 環境安全と経済性の両立を踏まえた全体最適化の視点を常に考慮すること
- 一般市民や行政に受け入れられることを念頭に置くことによって、社会の科

学に対する安心感をもたらすような環境安全の実現を図ること⁴

⁴ ただし、社会の安心感の醸成方法については、本報告の内容を踏まえ、次期に詳細に検討する。

4 安心感と社会

(1) 電気工学の立場から：電気依存型社会でのブラックアウトから考える「レジリエンス」と「安心感」

① 電力システムのレジリエンス

政府は我が国のエネルギー基本計画において、「3E+S」(①Energy Security、②Economic Efficiency、③Environment+④Safety)を推し進めている。中でも昨今、①Energy Securityについてはレジリエンス(回復力)⁵が注目されている。安全学や防災の専門家等は、「100%の安全」や「100%の災害予知」が夢物語であることを承知しているので、逆に事が起こった際の⑤Robustness(頑強性)、⑥Redundancy(多重化)、⑦RapiditY(早期復旧)、⑧Resourcefulness(人・物の手配)というレジリエンスの4Rが重要だと考える。

良くも悪くも現代社会は「電気依存型社会」である。北海道胆振東部地震ではブラックアウト(広域全停電。以降、B.O.と記す)が発生し、人々の生活を支えるインフラにも影響を及ぼした。このことは「レジリエンス」と「安心感」を考える好機となった。

② 停電の少ない国・日本

図6は、1軒当たりの年間停電回数を、また図7は1軒当たりの年間停電時間を、国別に比較したものである。年間0.14回(年間16分)の停電しか発生しない日本の電力供給は、他の先進国に比べても非常に安定している。この値ならば、さらに非常用電源設置などのリスク管理も行えば、電気エネルギーがあることを前提に社会システムを設計してよいレベルにあると考えられる。

③ 電気が途絶えて起きる社会の不安

B.O.では、電気がもたらす恩恵の裏にある電気依存社会の脆弱性も垣間見えた。なぜなら現代社会におけるシステムの多くが電気を駆動源としているからである。地震による直接的損傷がなかった場合でも、B.O.によって生活の基本インフラである水道、道路、鉄道、通信など多くが停止した。しかも時代は確実に通信を介しての「キャッシュレス化」に向かっている。「電気が止まれば社会も止まる」とさえ言えそうな状況である。

一方このような状況下でも、道内最大手のコンビニチェーンが即座に行った対応はレジリエンスの観点から興味深い。各種新聞・テレビ報道によれば、このコンビニは、殆どの小売が停電と物流の遮断から閉店する中、95%にあたる1000店舗以上を営業し続けた。レジ機能の確保のため、車から電気を引くセットが事前に配備され、電気ならぬガス釜で温かい食事を販売した。電気エネルギーがハイテクを支えている時代、停電時には、逆にローテクが頼りになるのである。生活上最低限のものは入手でき、

⁵ レジリエンスとは、何かのインパクトでシステムが破壊されたとき、元に復元する能力(回復力)のことをいう。

「これなら一先ず、何とか凌げるという算段」がつけば、非常時にも人は存外、安心感を抱く。このように、4Rは必ずしも高価で実現不可能なシステムではなく、既存のシステムを柔軟に組み合わせた対応でも実現できる可能性を示している。そのような柔軟なバックアップができることも「安心感」の醸成に寄与すると考えられる。



図6 1軒当たりの停電回数の国際比較

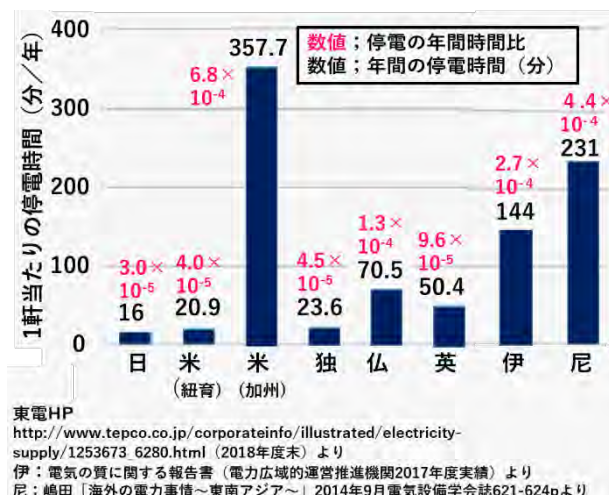


図7 1軒当たりの停電時間の国際比較

④ 安心感ある生活

「危険の芽を100%摘む」ために莫大な資金と人手を注ぐことは現実的ではない。事が起こることを前提に、先ずは「重要度による意思決定」(Graded Approach)に見るように優先すべき複数の防護策を立て、不幸にもことが起こった際には「逐次逐次の丁寧な状況説明と打ち出す対策の効果」を周知すれば、人は、以降の算段をつけることができる。昔の為政者は民に対し「知らしむべからず」として統治した。「何も知らなければ人は不安感など抱かない」からである。しかし現代はSNSの発達で、特に生活に密着したインフラの状況等は瞬時に覚知され、拡散される。ならば、発信する側は「一つの窓口」から責任をもって「現状と打ち出す対策の効果」を「正しくアナウン

ス」し、他方、その情報を受ける側は「これなら我慢できるとの算段」がつけば、非常時の「安心感」となりうる⁶。

B.O.では、電気を提供する側の組織やシステム技術に対するレジリエンスのみを議論して終わらせてはならない。受け手である「人社会」のレジリエンスについても議論が必要である。

(2) ものづくりの立場から

人々は多種多様な「もの」とともに生活している。ある「もの」に関して、科学者・工学者が想定する安全度を一つの軸に、「もの」に対して一般の人々が感じる安心度を他の軸に整理したとき、多くの場合、“科学者・工学者から見れば安全であるが一般人から見れば不安”という象限に収まるという説がある[11]。医療、原子力など、科学者・工学者の間でもしばしば意見が分かれることが大きく影響しているのかもしれない。社会問題にもなりやすく、議論の中ではリスク論がしばしば用いられる。

ものづくりにおいて工学者・設計者がまず考えておくべき重要な要件は、従来は「機能」と「健全性・安全性」であった。しかし、近年においては、「もの」に接する人々や環境への配慮も極めて重要と思われるようになってきている。例えば、人々やユーザーが「もの」に接したときに少なくとも不快感や不安感を与えないことが大事である。これまでも幅広い観点からユーザーの心と「もの」に関して論じられてきた[12-14]。

① もの（人工物）の設計と安心感

人々は多種多様な「もの」とともに生活している。

② 工学者はいつも不安感を捨てきれない

ものづくりを担う工学者には職業柄、「もの」や風景に接したときまず不安感が先行するという習慣がある。美しい海辺に到着して普通の人は、まずは、きれいな海だな、泳ぎたいな、とか思うが、海岸工学専門家はこの海岸には大きな津波がこないかをまず心配する。子供を持つ親と同様に、車の安全機能の設計者は自身が車を運転中に子供が道路わきでボール蹴りをしているのに出会わせたとき子供が次にどうアクションするかに全神経を注ぐ。化学プラント工学者は子供が風船遊びをしているのを見て風船が破裂しないかをまず恐れる。

③ 自然原理の利用

万有引力のような、誰もが疑わない現象を動作原理にして「もの」の設計がなされていれば人々の安心感は増す。例えば、ポンプは停電すると使えないこと、材料劣化でいつかは機能しなくなることを考えて、原子炉を小型にすれば、炉心が小さいため

⁶ ただし現在の社会においては、個人が、SNSのプラスとマイナスの側面を理解し、より能動的に情報を取捨選択すべき時代なので、正しい情報を発信すればそれが即「安心感」につながるわけではない。より詳細な検討は、次期への課題である。

全停電になっても空気の自然対流で炉心を冷却できるので、人々の安心感は増す。最近の世界の原子炉開発プロジェクトのほとんどが小型炉であることはこのことに関係している。

④ 状況や要因が目に見えるか見えないか

事故などにおいてその状況や要因が目に見えるものか、そうではないかによって、人々が持つ不安感の度合いは大きく異なる。自動車事故で国内だけでも毎年3000人以上も事故死があることにほとんどの人は関心を持たないが、放射線被ばくの影響に関する議論では、1ミリシーベルト/年の場合には医学的に影響がないことはわかっていても、絶対安全と証明されない限り人々は不安感を捨てきれない。年初頭からの新型コロナウイルスについても対象が目に見えないことが問題をさらに複雑にしている。

⑤ 常識が常に正しいとは言えない

1985年に御巣鷹山に墜落し520名が亡くなるという大惨事をおこしたジャンボ機事故は機体の局部的破壊が進展して大事故につながった。この種の破壊事故は構造物の局部に外部から連続的にエネルギーが供給されることで起こる。この場合のエネルギー源は3次元空間に存在する空気圧であり、一方の局部の破壊部はゼロ次元～1次元のサイズである。ジャンボ機のように機体が大きいと局部で破壊が少し進展してもリザボア効果によってすぐには空気圧が低下しないためにますます破壊が進展し結果として大事故になりやすいと考えられる。大型機が小型機よりも安全と思われがち（すなわち安心感がある）であるが、ある側面だけを考えるとかえって小型機のほうが安全であるということも事実である。一般に思われていることが常に正しいとは言えないことの例である。

(3) 感性工学の立場から

安心と安全とはどういう関係なのか？ 議論を通じて「安心と安全はイコールではなく、安全に信頼の係数を乗じたものが安心である。安全はメーカーや事業者の側が提供するものであり、安心は利用者が感じるものである。信頼は常に一定ではなく状況によって変化する」といったことについて共通認識が得られた。科学技術に携わる者は利用者に安心感を与えるために、いかに「安全」を大きく完璧なものにするか、いかに「信頼」を高くするかに専心してきた。エンジニアの発想は基本的に「安全→安心」である。しかし一方では、安心感を感じる利用者側の気持ちをまず考える「安心→安全」という順序での発想も重要ではないかと考えられる。

ここで、親子関係とのアナロジーをもとに「安心→安全」的な発想による信頼関係構築と安心感の達成シナリオについて考えてみたい。上記のような安心と安全の関係は、子育てにおける親子関係に類似性を見いだすことができる。多くの親は我が子の成長にとって有用な養育や教育を与える。知識や資金力に余裕があるほど高レベルの

ものを多く与えられるであろう。優秀なメーカーが高い安全性を確保できるのと同通している。しかし、子どもにも個性や自我があり「親がしてあげたいこと」と「子どもがして欲しいこと」は異なる[15, 16]。高い安全性を提供すれば安心感も高まるのと同様で、親が良い環境を与える努力をすると一般的には子どもの安心感が高まるが、一旦歪みが生じると過干渉によって逆に子どものストレスを高め心身の発達が阻害されることもあるという[17]。工学システムでも事故や不祥事によって安全に疑いが生じると信頼が崩壊し、安心感が得られなくなるのと同様である。成長とともに子どもは、家庭外の人からの情報をトリガーとして親の意見や態度に対して疑念を抱き信頼が崩れることもある。マスメディアやSNSの情報によって技術や物ごとへの安心感が左右されるのと類似している。子育てにおいては、親子関係のバランスが崩れてうまくいかない場合、以下のステップで信頼回復するのが良いとされる[18]。(1)親は子どもの言うことを否定せず、助言もしない。(2)子どもの側から求められたことは（できるだけ何でも）する。(3)徐々に信頼関係が再構築される。(4)子どもが親の助言を受け入れるようになる。「安全→安心」的見地に立つと有益な助言はしたほうがいいに決まっているが、信頼関係が損なわれている時には子ども側の受け入れ体制ができていないため、何を言っても無駄または（往々にして）逆効果である。子どもが安心感を感じて初めて親の意見を受け入れるベースが整う。子育て論では子どもの安心感をコアと考える「安心→安全」的な発想が重視される。子育てに関する理論や知識は巷にいくらかでもあるが、子育てでは「理屈」以上に「気持ち」が大切である。

科学技術の進展に伴って優れた製品やサービスが多数実現され社会に貢献してきた。技術力による安全性の追求することはもちろん重要であるが、それだけでは利用者の心が置き去りにされてしまう。利用者に安心感を持ってもらうモノ作り・コト作りのためには、「安心→安全」指向の子育て論がヒントとなるのではないだろうか。利用者に安心を感じてもらえる工学システムを実現するためには、「人が何を主観的に安全と考えて安心できるか」から議論を始め、その条件をクリアする技術を工学的に目指すことが求められる。そのためには、人の心の側面を科学的に説明することが重要であり、人の主観を工学的に扱おうとしてきた感性工学からの寄与が求められている。

(4) 道路交通における自動運転に対する社会受容性

交通システムにおける自動走行は、航空機や鉄道では早くから実用化され、社会的にも容認されてきている。交通システムは安全であることは最重要課題であり、安心して利用するための信頼性の確保に常に努力が払われてきた。道路交通においては、研究開発においては早くから進められてきたが、実装化への期待が高まってきたのは、ここ数年のことである。IoT等によるビッグデータの活用が行われ、それに伴いAIの進展、センサや通信技術の高度化等に伴い、自動車における自動運転技術の進展は目覚ましく、交通事故の防止、渋滞防止、環境負荷の低減などの社会的な課題解決の手段として注目を集めている。我が国においては、トラックやバスのドライバー不

足や、高齢ドライバーの運転免許返納問題への解決策として、自動運転に対する期待は大きい。一方で、このような新しいシステムに対しては、社会受容性が重要であり、SIPその他の国家プロジェクトや、日本学術会議「自動車の自動運転の推進と社会的課題に関する委員会」での議論においても、自動運転実用化に向けた社会受容性の醸成が大きな課題として取り上げられている。すなわち、安全な技術を確立するだけでなく、安心して利用されることが重要となっている。自動運転の目的は、道路交通における安全性の向上であり、手動による自動車におけるヒューマンエラーによる自動車事故を削減できることにある。すなわち、安全であることは当たり前であり、この社会受容性は、システムが信頼できることであり、まさに自動運転の安心感が求められていることになる。現在、実用化されているのは、レベル2と呼ばれる部分運転の自動化であり、運転者の責任で走行される安全運転支援であるが、2020年には道路交通法、道路運送車両法が改正され、レベル3と呼ばれる条件付き運転の自動化が実用化される。一般ドライバーが運転する乗用車のようなオーナーカーでは、当面、高速道路における一定速度以下の条件でレベル3が実現されると思われる。自動運転中は、システムがドライバーに代わって全ての運転タスクを行い、ドライバーはシステムが正常に機能しているのかの監視と、システムから運転の要請があった場合にシステムに代わって安全に車を運転する責任を持つ。このとき、自分の運転に代わってシステムを信頼し安心して任せられるかという、まさに安心感が重要となる。レベル3では、システムの要求に応じてドライバーが運転を引き継ぐことが求められるため、HMI（Human-Machine-Interface）の課題も指摘されている。そのため、ドライバレス走行として、限定地域、あるいは限定ルートに限って、サービスカー（乗合バス・タクシー、物流トラック）におけるレベル4とよばれる高度自動運転の実用化への期待が高い。ドライバー不足の社会課題解決にも貢献する。すでに公道実証実験が進められている無人移動サービスでは、ドライバー不在の乗り物に乘客として利用することの安心感、道路空間を共有する他の交通参加者からの視点による安心感が重要となる。周辺ドライバーが無人走行車両と混在して安心して運転できるのか、通常のクルマならばドライバーとのアイコンタクトが可能な歩行者とのコミュニケーションをどのように確保するのか、といった、車内および車外の社会受容性が課題となっている。物流トラックにおいては、高速道路において、後続車両を無人走行させる隊列走行が既に新東名高速道路において実証実験が進められている。このシステムでは、先頭車両のドライバーが、後続無人車両を電子牽引して安心して運転できるのか、高速道路上の周辺車両のドライバーが安心して並走できるのか、合流や追い越し時の課題はないか、といった事柄が重点的に検討されている。

5 まとめ

日本学術会議の第24期では、総合工学委員会・機械工学委員会合同 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会の中に、「工学システムに対する安心感等検討小委員会」を新しく立ち上げ、特に「安心感」、さらにそれと深く関係する「安心」に対して様々な側面から議論を行った。

「安全・安心」あるいは「安心・安全」と、「安心」は「安全」と並び称されることが多い。しかし、「安全」が担保されれば「安心」なはずという乱暴な議論すらあり、「安心」の定義やその構造は曖昧である。その一方で、工学システムは、安全であっても安心でなければ、あるいは安心感を得られなければ、社会に受け入れられないという現実がある。そこで「安心」という概念に真正面から向き合うことは、社会的課題としてきわめて重要と考えられる。

我々は、図1に示した式を共通認識とし、「安全」については同じ分科会の「安全目標の検討小委員会」の議論に委ね、安心の種々の側面について検討を行った。

安心について、それが安全と信頼から成り立つというモデルを仮定し、工学システムに対する安全と安心との関係について議論を重ねた。教育からの視点、さらに社会との関係についても議論した。このように「安心感」に正面から向き合うことで、工学システムの「安全」や「信頼」への要求を含め、以下の必要性が明らかになった。

(1) 「安心」の基礎となる「安全」に関する問題自体を体系的に整理する必要がある。

「安心」の議論には「安全」の明確化が不可欠である。工学システムに関する安全・安心・リスク分科会では、安全目標の検討小委員会での、リスクの概念を用いた審議結果を踏まえ、「提言：工学システムの社会 安全目標 の新体系」を今期中にまとめるので、関係者にはこの提言への対応を期待する。

(2) 工学システムの「安心」を議論するために「安心」の構造を体系的に整理する必要がある。

小委員会では、安心は安全と信頼から成り立つというモデルを仮定した。ただし、安全にも、危害が破局的な場合には許容される余地の無いリスクもあり、また信頼にも種々の要素のあることが明らかになった。さらに以下の(3)にも関係するが、社会との関わりについても検討する中で、「安全」と「安心」の関係の双方向性や、「安心」と「安心感」とは違うということも見えてきた。すなわち当初、我々の出発点は、安心は安全と信頼から成り立つというモデルであったが、逆に安心から安全が規定される側面もあることや、人間の価値観に依存する安心感が判断や行動を規定すること等も明らかになった。そこで今後さらに、工学システムの「安心」と「安全」の関係を、リスクの概念を含めて体系的に整理し、「安心」に関する問題を議論するベースを構築する必要がある。また、違いの見えてきた「安心」と「安心感」であるが、今後はこの両者の違いの明確化も必要である。これらについては、本小委員会を次期にも継続し、理学・工学以外の専門家も委員に加えて、審議を進める予定である。また「安心」は、工学システムの社

会受容性に関して必要不可欠な概念であるにもかかわらず、対応する英語が無いことから、構造の体系的な整理と並行して、「Anshin」という日本語とその概念を、「Mottainai」や「Kaizen」等と同様に、海外に発信していく必要がある。

(3) 安心な社会を実現するための要素を明確にする必要がある。

小委員会では、工学システムの安心と社会との関係についても取り上げ、ファッションブランドの存在意義[3]や、電気工学、ものづくり、感性工学、自動運転の立場からも、「安心感」の社会との関わりについて検討した。安全であれば必ずしも安心と捉えられるわけではなく、情報不足や人々の無関心に起因する理由のない合理的でない安心（合理的でないリスク評価に基づく安心）は、社会の健全性に影響しうる。しかしこれまで実は、多くの工学システムについて、既知のことも、あるいは何が未知なのかも、十分に社会に説明してこなかった可能性がある。そこで、「安心な社会」を実現するのに必要な要素を明確にする必要がある。そこでは、未知への不安に対する知識を提供する側の責任、信頼できるグローバルな情報と生活に必要なローカルな情報の集約方法や発信方法、想定される不安に対する法律や保障制度といった社会システムとの関係性についても検討が必要である。そこでは、日本学術会議の2010年の提言「日本の展望—理工学工学からの提言」[19]の視点に立った掘り下げも必要である。

以上のように、工学システムの社会受容性という社会的課題に対し、工学システムの安心感について議論を行った結果、「安全」と「安心」との関係を含め、今後さらに議論の必要な課題が明確になった。また、例えば「原子力に対する安心感」、「自動運転に対する安心感」などの具体的な事例の検討も重要な課題である。第25期には、さらに幅広い分野の専門家を委員に加え、これらの課題の解決に努めたい。

<参考文献>

- [1] 中津良平, アジア化する世界, 東京図書出版, 2014 年 4 月.
- [2] ISO/IEC Guide 51: 2014 安全側面—企画への導入指針, 2014 年 3 月.
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/?bunsyo_id=ISO/IEC%20Guide%2051:2014
- [3] 大倉典子他, 特集「安心感」への多面的アプローチ, 「感性工学」, 第 17 巻, 第 1 号, 2019 年 3 月.
- [4] 向殿政男, 入門テキスト安全学, 東洋経済新報社, 2016
- [5] 向殿政男, よくわかるリスクアセスメント—グローバルスタンダードの安全を構築する—, 中災防ブックス 003, 中央労働災害防止協会, 2017
- [6] 文部科学省, 「安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会」報告書, 2004 年 4 月, https://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/anzen/houkoku/04042302.htm
- [7] 日本学術会議 総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会, 報告「工学システムに対する社会安全目標の基本と各分野への適用」, 2017 年 9 月 20 日.
- [8] 辻佳子, 化学システム工学に基づく環境安全学創成, 学術の動向, 2017 年 12 月号, 2017 年 12 月.
- [9] Y. Tsuji, et al., “Toward a comprehensive, effective and concrete program for environmental safety education”, J. Environment and Safety 6, 75, 2015.
- [10] J. Nakatani, K. Konno, Y. Moriguchi, “Variability-based optimal design for robust plastic recycling systems”, Resources, Conservation and Recycling 116, 53-60 (2017).
- [11] 菅原努, 「安全」のためのリスク学入門, 昭和堂, 2005 [12] 村上陽一郎, 安全と安心の科学, 集英社, 2005
- [13] H. ペトロスキー, 橋はなぜ落ちたのか—設計の失敗学, 朝日選書, 2001
- [14] D. A. ノーマン, 誰のためのデザイン? —認知科学者のデザイン原論, 新曜社, 1990
- [15] 佐々木正美, 子どもへのまなざし, 福音館書店, 1998
- [16] 佐々木正美, 続・子どもへのまなざし, 福音館書店, 2001
- [17] 友田明美, 親の脳を癒やせば子どもの脳は変わる, NHK 出版, 2019
- [18] 佐々木正美, 伊藤幸弘, 子供に悩まされる親 親にダメにされる子供, 扶桑社, 2003
- [19] 日本学術会議 日本の展望委員会 理学・工学作業分科会, 提言「日本の展望—理工学からの提言」, 2010 年 4 月 5 日.

＜参考資料１＞審議経過

（１）工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

平成 29 年

- 12 月 25 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 1 回）
役員選出、今期の活動方針、小委員会の提案（継続・新規）

平成 30 年

- 4 月 19 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 2 回）
小委員会活動報告、安全工学シンポジウムについて、話題提供
9 月 12 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 3 回）
小委員会活動報告、安全工学シンポジウム報告

平成 31 年・令和元年

- 3 月 26 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 4 回メール審議）
「報告（案）老朽・遺棄化学兵器廃棄の安全と環境の保全に向けて」承認
5 月 27 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 5 回）
小委員会活動報告、安全工学シンポジウム企画案、話題提供
9 月 24 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 6 回メール審議）
「公開シンポジウム「安心感等検討シンポジウム」の開催」承認
10 月 18 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 7 回）
「提言（案）工学システムの社会 安全目標 の新体系」の審議

令和 2 年

- 1 月 7 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 8 回メール審議）
「提言（案）工学システムの社会 安全目標 の新体系」の承認
1 月 21 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 9 回）
話題提供、小委員会報告、安全工学シンポジウムについて
3 月 16 日 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（第 10 回メール審議）
「報告（案）工学システムに対する安心感と社会」の承認

（２）工学システムに対する安心感等検討小委員会

平成 30 年

- 2 月 26 日 小委員会準備会
安全、安心（感）、快適（感）、感性等の整理、今後の進め方について
4 月 25 日 工学システムに対する安心感等検討小委員会（第 1 回）
役員選出、設置趣旨等の説明、中津良平先生ご講演「アジア化する世界」
6 月 12 日 工学システムに対する安心感等検討小委員会（第 2 回）
向殿政男委員「ファジィ、安全、景観、感性、安心・・・共通するものはあるのか？」と、中津先生の講演のフォローアップ

- 8月10日 工学システムに対する安心感等検討小委員会（第3回）
柘植綾夫委員、長沢伸也委員、辻佳子委員等の話題提供、今後の進め方
- 10月24日 工学システムに対する安心感等検討小委員会（第4回）
野口和彦委員「社会安全における安心の位置付け ―安心実現のための
リスクコミュニケーションとは」、今後の進め方
- 11月7日 工学システムに対する安心感等検討小委員会（第5回）
長沢伸也委員、椎塚久雄委員の話題提供、今後の方向性について

令和元年

- 7月1日 工学システムに対する安心感等検討小委員会（第6回）
取りまとめ案の方向性について

令和2年

- 2月29日 工学システムに対する安心感等検討小委員会（第7回）
「報告（案）工学システムに対する安心感と社会」の審議と承認

＜参考資料２＞シンポジウム開催

令和２年２月２９日開催予定で５月２８日に延期して実施したシンポジウムの概要は、以下のとおりである。

１．主 催：

日本学術会議総合工学委員会 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

２．共 催：日本感性工学会、

協 賛：電気学会、日本原子力学会、日本バーチャルリアリティ学会、
ヒューマンインタフェース学会、自動車技術会

３．開催趣旨： 安心な社会を構築するために、安全と安心の関係を整理しながら、市民の安心の実現に向けた課題と対応について議論する。

４．次 第：

13:00 挨拶

大倉 典子（日本学術会議第三部会員、芝浦工業大学 SIT 総合研究所特任教授）

13:10 特別講演「人工知能と社会——安心 と安全の面から考える」

甘利 俊一（国立研究開発法人理化学研究所脳科学総合研究センター名誉研究員）

14:00 講演「安心感の考え方」

野口 和彦（日本学術会議連携会員、横浜国立大学リスク共生社会創造センター長、大学院環境情報研究院教授）

14:30 講演「モノづくりにおける安全と 安心 の関係」

向殿 政男（日本学術会議連携会員、明治大学名誉教授）

14:50 講演「安全目標と安心感」

松岡 猛（日本学術会議連携会員、宇都宮大学非常勤講師）

15:10 講演「東京大学での安全教育プログラム」

辻 佳子（日本学術会議連携会員、東京大学環境安全研究センター教授）

15:30－15:45 （ 休憩 ）

15:45 パネル討論「安心感と社会」

（司会）大倉 典子（前掲）

（パネリスト）

中川 聡子（日本学術会議連携会員、東京都市大学工学部教授、電気学会会長）

矢川 元基（日本学術会議連携会員、公益財団法人原子力安全研究協会会長）

庄司 裕子（中央大学理工学部教授、日本感性工学会会長）

17:00 閉会挨拶

柴山 悦哉（日本学術会議第三部会員、東京大学情報基盤センター教授）

提言等の提出チェックシート

このチェックシートは、日本学術会議において意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）の査読を円滑に行い、提言等（案）の作成者、査読者、事務局等の労力を最終的に軽減するためのものです¹。

提言等（案）の作成者は提出の際に以下の項目を 1～11 をチェックし、さらに英文タイトル（必須）、英文アブストラクト（任意）、SDGs との関連の有無（任意）を記載し、提言等（案）に添えて査読時に提出してください。

記入者（委員会等名・氏名）：工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（工学システムに対する安心感等検討小委員会）・大倉典子

和文タイトル 工学システムに対する安心感と社会

英文タイトル（ネイティブ・チェックを受けてください）

“Sense of security in engineering systems” and society

	項目	チェック
1. 表題	表題と内容は一致している。	①. はい 2. いいえ
2. 論理展開 1	どのような現状があり、何が問題であるかが十分に記述されている。	①. はい 2. いいえ
3. 論理展開 2	特に提言については、政策等への実現に向けて、具体的な行政等の担当部局を想定していますか（例：文部科学省研究振興局等）。	1. 部局名： ②. いいえ
4. 読みやすさ 1	本文は 20 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。※図表を含む	①. はい 2. いいえ
5. 読みやすさ 2	専門家でなくとも、十分理解できる内容であり、文章としてよく練られている。	①. はい 2. いいえ
6. 要旨	要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものであり 2 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。	①. はい 2. いいえ
7. エビデンス	記述・主張を裏付けるデータ、出典、参考文献をすべて掲載した。	①. はい 2. いいえ
8. 適切な引用	いわゆる「コピペ」（出典を示さないで引用を行うこと）や、内容をゆがめた引用等を行わず、適切な引用を行った。	①. はい 2. いいえ
9. 既出の提言等と	日本学術会議の既出の関連提言等を踏まえ、議論を展開して	1. はい

¹ 参考：日本学術会議会長メッセージ、「提言等の円滑な審議のために」（2014 年 5 月 30 日）。
<http://www.scj.go.jp/ja/head/pdf/1>

の関係	いる。	②. いいえ
10. 利益誘導	利益誘導と誤解されることのない内容である。	①. はい 2. いいえ
11. 委員会等の趣旨 整合	委員会・分科会の設置趣旨と整合している。	①. はい 2. いいえ
※9で「はい」を記入した場合、その提言等のタイトルと発出委員会・年月日、既出の提言等との関係、相違点等について概要をお書きください		
※チェック欄で「いいえ」を選択した場合、その理由があればお書きください 3. 工学システムに関係する部局は複数（多数）あり、本報告ではその対象を限定していないため。 9. 関係する「安全目標」の提言は、今期中に表出予定で既出ではないため。		

◎ SDGs（持続可能な開発目標）との関連（任意）

以下の17の目標のうち、提出する提言等（案）が関連するものに○をつけてください（複数可）。提言等公表後、学術会議 HP 上「SDGs と学術会議」コーナーで紹介します。

1. () 貧困をなくそう
2. () 飢餓をゼロに
3. (○) すべての人に保健と福祉を
4. () 質の高い教育をみんなに
5. (○) ジェンダー平等を実現しよう
6. () 安全な水とトイレを世界中に
7. () エネルギーをみんなに、そしてクリーンに
8. () 働きがいも経済成長も
9. () 産業と技術革新の基盤をつくろう
10. () 人や国の不平等をなくそう
11. (○) 住み続けられるまちづくりを
12. (○) つくる責任つかう責任
13. () 気候変動に具体的な対策を
14. () 海の豊かさを守ろう
15. () 陸の豊かさを守ろう
16. (○) 平和と公正をすべての人に
17. (○) パートナリーシップで目標を達成しよう

※「持続可能な開発目標（SDGs）」とは

2015年9月に国連総会が決議した「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ」が掲げた目標。

詳細は国連広報センターHPをご覧ください。

http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/

提言等公表時のSDGs説明

この説明は、日本学術会議の意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）を日本学術会議ホームページのSDGsコーナーで紹介し、多くの関係者の閲読を促進するためのものです。

提言提出時のチェックシートにおいてSDGsとの関連に記述した場合は、日本語紹介文と英文アブストラクトを記載し、提出してください。

記入者（委員会等名・氏名）：工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会（工学システムに対する安心感等検討小委員会）・大倉典子

和文タイトル 工学システムに対する安心感と社会

◎ SDGs（持続可能な開発目標）との関連

チェックシートで選択した項目に○をつけてください。

1. () 貧困 2. () 飢餓 3. (○) 健康 4. () 教育 5. (○) ジェンダー平等
6. () 安全な水 7. () エネルギー 8. () 経済成長 9. () 産業と技術革新
10. () 不平等 11. (○) まちづくり 12. (○) つくるつかう責任 13. () 気候変動
14. () 海の豊かさ 15. () 陸の豊かさ 16. (○) 平和と公正 17. (○) パートナリシップ

◎ 和文紹介文 200字以内

「安心」は「安全」と並び称されることが多いが、「安全」の重要性に関してこれまで多くの議論がなされてきたのに対し、「安心」に関する議論はそれに比較して少ない。しかし、工学システムは、安全であっても安心でなければ、あるいは安心感を得られなければ、社会に受け入れられないのが現状である。そこで、「安心とは何か」あるいは「安心感とは何か」ということは、大きな社会的課題であり、本報告はその議論の結果である。

◎ 英文アブストラクト 150 words 以内

Japanese word "anshin" is often used together with "safety" in Japan. However, while there has been much discussion about the importance of "safety," there has been relatively little discussion about "anshin." Nevertheless, even if an engineering system is safe, it cannot be accepted by society unless it is "anshin" or a sense of security can be obtained. Therefore, "What is anshin?" or "What is a sense of security?" is a major social issue. This report is the result of this discussion.

◎ キャッチフレーズ 20字以内

「工学システムの安心感」と社会の関係は？

◎ キーワード 5つ程度

工学システム、安心感、社会、安全、安心