

橋の強さについて

— 構造工学研究40年 —

平成21年3月16日（月）

於 熊本大学工学部百周年記念館

熊本大学長 崎元達郎

1. はじめに

- ・ タイトルについて
- ・ 講義の方法について
- ・ 伝えたいこと

2. 構造工学・構造力学との出会い

(S38,1963)

阪大のみ、構築1志、造船2志

阪大 構築工学科 (土木コース)

- ・ 小松 ← 安宅・波田

簿肉構造物理論、曲線桁、合成桁、アーチの座屈

- ・ 前田 ← 赤尾

応用構造

- ・ 室田 (水理)
- ・ 榎木 (海岸)
- ・ 伊藤 (土質)
- ・ 毛利 (計画)

構力が水、土より明解

波田凱夫先生との出会い

卒研で波田凱夫先生の所へ

林正助手 (後、長岡技科大教授)

「鉛直等分布荷重を受ける円弧アーチの面外座屈について」

computer 会社に依頼して計算

(S42,1967)

就職する自信なく、修士へ進学。

そのまま、波田先生の指導を受ける。

Transfer Matrix 法による複弦アーチの面外座屈解析と支間 1mの模型による座屈実験。

Out-of plane Buckling of Solid Rib Arches Braced with Transverse Bars.

英文で修士論文を書く。この後、論文は全て英語で書くことにする。

この論文が、土木学会論文集に掲載 (英文) され、自信となる。

研究者の道に入ることを決心。

(S44,1969)

博士課程に進学。

波田先生は、「私は、アーチの弾性面外座屈をやったので、君は弾塑性面外座屈をやってみたらどうか？」の言葉を残して、神戸製鋼所鋼構造研究所へ行かれた。(後に、摂南大学教授、工学部長)

小松定夫先生の指導を受けることに。西村宣夫 (阪大教授)、小林紘士 (立命館大教授)、林正 (長岡技科大教授)、松井繁之 (阪大教授)

(S44,1969 夏)

アメリカ大陸一周の旅へ

橋と大学を見て回る一人旅 100 日間 (6/29~10/9) 図-1

タコマの吊橋 (Tacoma)

John & Bea Ladd との出会い (Van Couver)

Ojalvo 教授と会う (OSU)

Birkemoe 助教授との出会い (Illinois 大)

倉西茂先生、森野捷輔先生との出会い (Lehigh 大)

米国が長大橋梁を無雑作に架けていることに驚き

日本の橋の技術が米国より数 10 年おくれているとの強い印象を受け

帰国 → 学生の海外活動奨学制度の設置

S47.3 博士課程単位取得退学、4 月助手となる。 小林健三君、小林潔君

S48.4 熊本大学講師として赴任、吉村虎蔵先生の後任として、平井一男先生との出会い

水田洋一助手、宮崎靖男技官、福井先生、三池先生、秋吉先生、梶原先生、鈴木先生、安中先生

戸馳大橋の開通式 離島に架ける橋の感動 図-2

3. 橋の強さを支配する座屈・耐荷力

3. 1. 座屈って何ですか？

橋の抵抗形態 (曲げ)、圧縮、引張

・ 竹ひご (棒) の曲げ座屈 図-3

・ 板定規 (はり) の横座屈 図-4

・ アルミ缶 (板、シエル) の局部座屈 図-5

3. 2. 座屈現象の特徴

・ 変位、変形の方法が荷重の方法と独立

・ 材料そのものの強度に依存せず、物体の寸法形状 (細長比、幅厚比) に強度が依存する。(応力問題と安定問題)

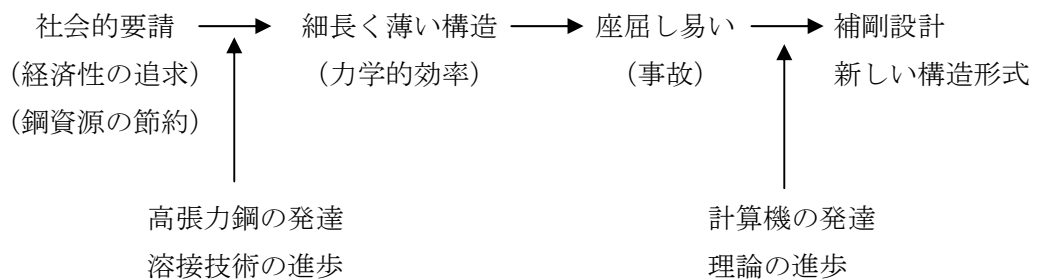
3. 3. 狭義の座屈と広義の座屈

- ・ 狭義の座屈＝分岐座屈：完全な構造に偏心の無い圧縮力が作用する時の不安定現象で、固有値問題として、数理的にのみ存在する。
- ・ 広義の座屈＝耐 荷 力：不整のある現実の構造が偏心を含む圧縮力を受ける場合の終局強度。
溶接、残留応力度、初期不整などの影響を考慮して、断塑性、有限変位問題（構造物の形状変化の影響を考慮）として解く。

3. 4. 座屈関連の略史

- ・ 1759 オイラーの弾性座屈理論（石橋、木橋の時代）
 - ・ 1889 エングッサーの接線係数理論
 - ・ 1895 " の等価係数理論
 - ・ 1907 ケベック橋の座屈事故
 - ・ 1947 シャンレイの理論
 - ・ 1969 4大箱桁橋の落橋（板の弾塑性座屈）
 - ・ " マトリクス構造解析法
 有限要素法とコンピュータの発達
- } 弾塑性域での棒の座屈

3. 5. 座屈問題の重要性



3. 6. 研究の方向性

- ・ ラーメン、アーチ、斜張橋などの構造系全体としての座屈耐荷力と設計法が不明
- ・ 板要素、部材、全体系のそれぞれの座屈・耐荷力の相関が不明

4. 3次元有限変位弾塑性解析法

アーチの弾塑性面外座屈を理論的に明らかにするためには、・・・図-6



弾塑性箱形断面のねじり特性を明らかにする必要

- ・ 小松先生の名前で科研費の申請をして採択される。
- ・ 独自の圧縮・ねじり試験機を考案、作成して実験
- ・ 正しい塑性理論は何か？

実験により応力-塑性ひずみの経路依存を確認

von Mises の降伏条件が最も良いことを確認

Prandtl-Reuss(Flow Theory)の応力・ひずみ関係を用いることとする。

一定せん断流の仮説 (崎元の仮説)

部材断面の剛性評価 図-7



部材の剛性マトリクス



3次元有限変位弾塑性解析法の完成

Nonlinear Analysis of Spatial Frames Consisting of Members with Closed Cross-Sections (土木学会論文集 1976.8)

[]

柱 (Sculz)、半円弧アーチ (Dadeppo・Schmidt)

分布荷重半裁アーチ (Harries, Kuranishi)

集中荷重を受けるバルコニー骨組 (Ueda)

の数値解で解析精度が他より優れていることを証明

S54年2月(1979.2) 学位論文(約250ページの英文)を提出

工学博士(大阪大学)の学位取得

5. アーチ橋の面外座屈耐荷力

1977.4 Stability Colloquim (Liege)

ザルツアッハの単弦ローゼ橋 図-8

泉大津大橋の建設と大型模型実験 (阪大) 図-9

熊大におけるアーチの模型実験

山尾敏孝助手、宮崎靖男技官

Ultimate Load Carrying Capacity of Steel Arches

(ASCE,ST12,1977.12)

単一アーチのパラメータ解析と泉大津大橋の耐荷力解析

1979.6 助教授昇任

1979.9～1981.3

オハイオ州立大学へ

客員助教授として、Ojalvo 教授の下で

N S F \$ 1000～\$ 1200/月 (1\$ = ¥250)

桁の横座屈解析法の開発－菊池良介君の修論を遠隔指導

Ultimate Strength of Arches with Bracing Systems

(ASCE,ST5,1982.5)

Ultimate Strength Formula for Steel Arches (ASCE,1983.3)

Ultimate Strength Formula for Central-Arch-Girder Bridges

(JSCE,1983.5)

上路式アーチ橋の終局強度 (1983.2)

山尾敏孝、植田堅朗、岡本剛治、古賀一臣

下路式、中路式アーチ橋の終局強度 (1988,1989,1990) 図-10

鶴田栄一、坂田 力

S59.1984 土木学会賞 田中賞 (論文部門) 受賞

1984.4 教授昇任 (39 歳)

6. 薄肉開断面骨組の非線形解析法と開断面アーチの強塑性面外座屈

Nonlinear Analysis of Thin-walled Frames and Members with Arbitrary Open Cross Section (JSCE1985.10)

山尾敏孝、菊池良介、坂田 力

せん断流の取り扱い

[.]

世界トップレベルの解析法 図-11

H 型断面鋼アーチの面外座屈 (1990.3)

坂田 力 (福岡大准教授) → 学位論文

7. 山尾敏孝 (教授) との共同研究

板の座屈解析と局部座屈、連成座屈

薄肉箱型断面柱の連成座屈強度 (1983.7)

薄肉 H 型断面性の連成座屈強度 (1984.10)



博士論文 (1994.3)、工学博士 (名古屋大学)

8. レーザーシュリーレン法による
鋼構造部材の降伏域の可視化 (1989) 図-12~15
9. 座屈を共う橋脚等の耐震強度
- 1995年1月 阪神・淡路大震災**
- 震災調査、神戸大橋のショック 図-16~20
- コンクリート充填鋼管柱の局部座屈 (1995.3)
渡辺 浩、持田拓児、寺田昌弘
- 繰返し水平力を受ける鉄筋コンクリート柱の挙動と終局耐力 (1997.3)
渡辺 浩、新田晃久、大谷研一郎
- 局部座屈を考慮した鋼骨組の終局挙動の簡易解析法 (1997.3)
土田真二、三輪清貴
- 繰返し荷重下におけるコンクリート充填鋼管柱の終局挙動の簡易解析法とその適用性 (1999.3)
渡辺 浩 → 博 (工) → 木橋の研究へ、上月 裕 → 博 (工)
- 局部座屈を考慮した鋼箱型断面部材の復元力モデル (2000.4) . . . 図-21
渡辺 浩、中島黄太
- コンクリートを充填した角型鋼管柱の局部座屈を考慮した地震応答解析
渡辺浩 (2000.4)
- 鋼製八角形断面柱脚の局部座屈を考慮した応力ひずみ型復元力モデル
足立正和 (大分工業高等学校教諭)、村上秀樹、今田進平 (2001.3)
- 八角形断面鋼製橋脚の耐震設計のための簡易解析法の開発 (2003.3)
足立正和→博 (工)、徳田隆宏
- 局部座屈とねじりを考慮した鋼箱形断面を有する骨組の終局挙動解析法
鶴田栄一 (天草工業高校)、木下照章 (川重)、三好 喬 (2002.3)
- 繰返しねじり力を受ける鋼構造物の終局挙動解析における材料硬化剤の影響
三好 喬 (横河 Br.)、鶴田栄一、廣田武聖 (建設技研)
- 基部にコンクリートを充填した逆 L 形鋼製橋脚の復元力特性 (2003.7)
高田孝史朗、松本英明、廣田武聖→博 (工) 図-22
- Performance-based Seismic Design on Steel Arch Bridge of Upper-deck Type**
上路式鋼アーチ橋梁の局部座屈を考慮した動的解析に基づくパフォーマンス
デザイン (性能設計) ~2006.9
Osama Mohamed→博士 (学術) 学長就任後、毎週土曜出勤で指導

10. 新形式橋梁の開発

- **張弦PC橋**に関する基礎研究 (1998.9) 図-23,24
前田文男 (ピーエス)、小幡大輔、伊藤 雪
張弦PC橋の終局曲げ耐力に関する実験的研究 (1998.12)
前田文男、小幡大輔、山之口剛
調弦PC橋の終局耐力に関する研究 (1999.4)
前田文男→博 (工)、小幡大輔

- **無補剛吊り水管橋**の静的挙動 (1992.3) 図-25
中村聖三、湯治秀郎 (川崎製鉄)
無補剛吊形式水管橋の架設時挙動 (1993.3)
中村聖三、三輪清貴、脇長 正
無補剛吊形式水管橋の骨組形状パラメータがコストに与える影響 (1993.3)
小林一郎、脇長 正、中村聖三、湯治秀郎
無補剛吊形式管路橋の開発 (1995)
脇長 正、古田俊宏、中村聖三、久保喜延、水田洋司

- **SPC橋梁** 図-26,27
(株) シビコン 加来雄一

11. 鋼とコンクリートの連結、結合

- 鋼・コンクリート連結はりの曲げ強度実験 (1989.3)
須崎浩二、平井一男
- **鋼・コンクリート連結はり**の三点曲げ強度実験 (1989.9) 図-28
須崎浩二、白石隆宏、梶川靖治
- 鋼・コンクリート連結はりのせん断強度実験 (1990.3)
梶川靖治、須崎浩二、白石隆宏
- プレファブ鋼床版によるRC床版架け替え時の桁橋の全体挙動 (1992.3)
中村聖三、川井 豊
- **合成I桁橋**の挙動を求める構造モデルと一解析手法について (1989.3)
多主桁合成桁橋の三次元的挙動解析について (1989.9)
湯治秀郎、川井 豊 (川崎製鉄)

- 多点移動繰り返し裁荷私見による**RC床版劣化度**評価指標に関する一考察
湯治秀郎、川井 豊、中村聖三、大津政康 (1989.1)
Evaluation of Concrete Structure Deterioration via AE Observation of
Core Test Ohtsu, Yuji, Kawai (1988.12)

1 2. 実橋への適用

単弦ローゼ桁橋

- ・ 泉大津大橋 図-29 (図-9 再掲)
- ・ 南港水路橋
- ・ 神戸ポートアイランドポートライナー橋 図-30
- ・ 北九州空港連絡橋 (土木学会田中賞作品賞) 図-31,32

斜張橋

- ・ 大和川橋梁
- ・ 安治川大橋 (天保山大橋)
- ・ 東神戸大橋 図-33
- ・ 鮎の瀬大橋 (2000.3) 図-34
 アートポリス事業
- ・ 明石海峡大橋 図-35,36

1 3. 著作物について

- 構造力学 (上) 1991.9 ~5 万部 図-37
- 構造力学 (下) 1993.4 ~2.7 万部
- マンガカット 友田桂子
- 韓国版 構造力学
- Guide to Stability Design Criteria for Metal Structure (5th Edition)
 Galambos, Wiley Chapter 17 Arches
- Structural Stability Design 福本喟士 図-38
- 九州橋紀行、九州橋梁構造研究会 図-39

1 4. 国の財力と社会基盤整備 図-40

15. 学長としての仕事

・・・・・・・・・・図-41～51

- 1) 学部・大学院の改組、再編
- 2) 高度情報化キャンパスの構築
- 3) 29件のGP等の獲得による教育の質保証、実質化
- 4) 大学院先導機構による約20件の学内拠点形成研究の選択と支援
- 5) 2件の21世紀COEと3件のグローバルCOEの獲得等による、卓越した研究の推進
- 6) 教育における国際交流の推進、研究における国際ネットワークの活性化
- 7) 政策創造研究教育センターの設置、有明海研究、熊大マグネシウム合金研究等を通しての地域貢献基盤の構築
- 8) 海外における熊大フォーラムの実施等による、アジアにおける熊大プレゼンスの拡大
- 9) 総額300億円を超える施設整備の実現
- 10) 熊大基金、同窓会連合等の設置による熊大はひとつの意識の醸成
- 11) 運営交付金の削減、病院経営改善等に対応しつつ、「おおむね良好」の法人暫定評価結果と次期目標計画の策定

16. おわりに

申し上げたかったこと（まとめ）

○ 志の持続

能力は高くなくても、志を持続して、ひとつのことに集中すれば、コトはなせる。

○ 実物を見ること、実験をすること、物造りの基本

○ 世界を見ること、国際的であること

○ あきらめること、開きなおること、自らをなぐさめるすべを知ること

○ 他者（先生、先輩、同僚、後輩、学生）に感謝、一人でできることは限られる。

○ 「橋」は、人間の活動の場を広げ、未知の世界、未知の人々に出会うロマンのシンボルである。根底は「愛」。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・図-52



橋の強さについて

— 構造工学研究40年 —

平成21年3月16日
 於 熊本大学工学部百周年記念館
 熊本大学長 崎元 達郎

図-1

北米旅行	
時	: 1969年夏、大阪大学大学院D1(25歳)
期 間	: 100日間(6/29~10/9)
費 用	: 旅費27万円+生活費25万円(\$700)+その他10万円 (\$300) 合計62万円
	\$10/day (朝食\$1、昼食\$2、夕食\$3、宿\$5)
目 的	: 北米大陸の橋と大学を訪問
基本計画	: 神戸⇄L.A. ブラジル移民船アルゼンチナ丸(2週間) 北米大陸内移動 Greyhound Bus 2ヶ月券 \$137 宿: YMCA

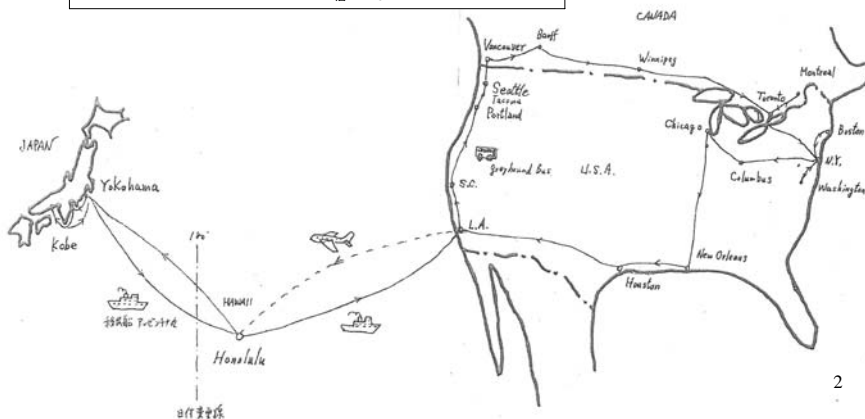
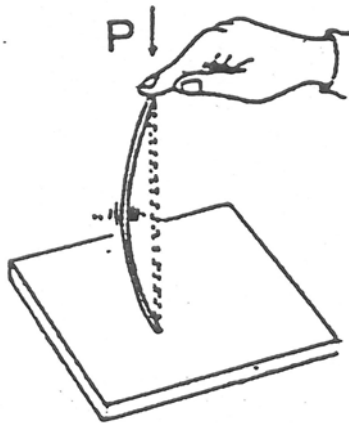


图-2



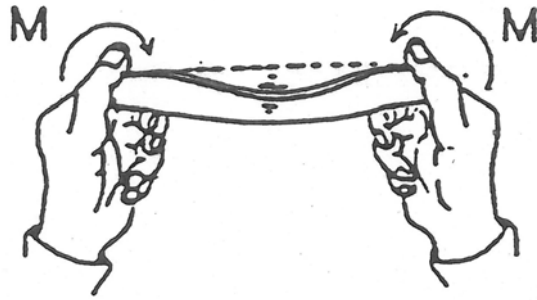
3

图-3



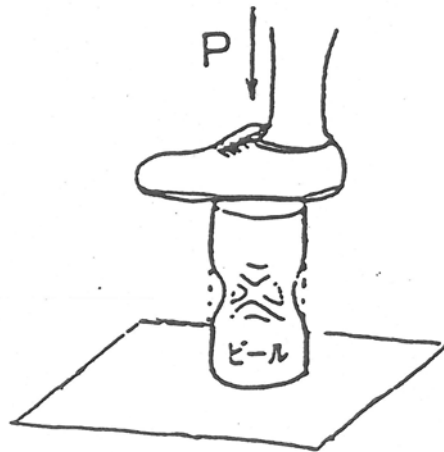
4

図-4



5

図-5



6

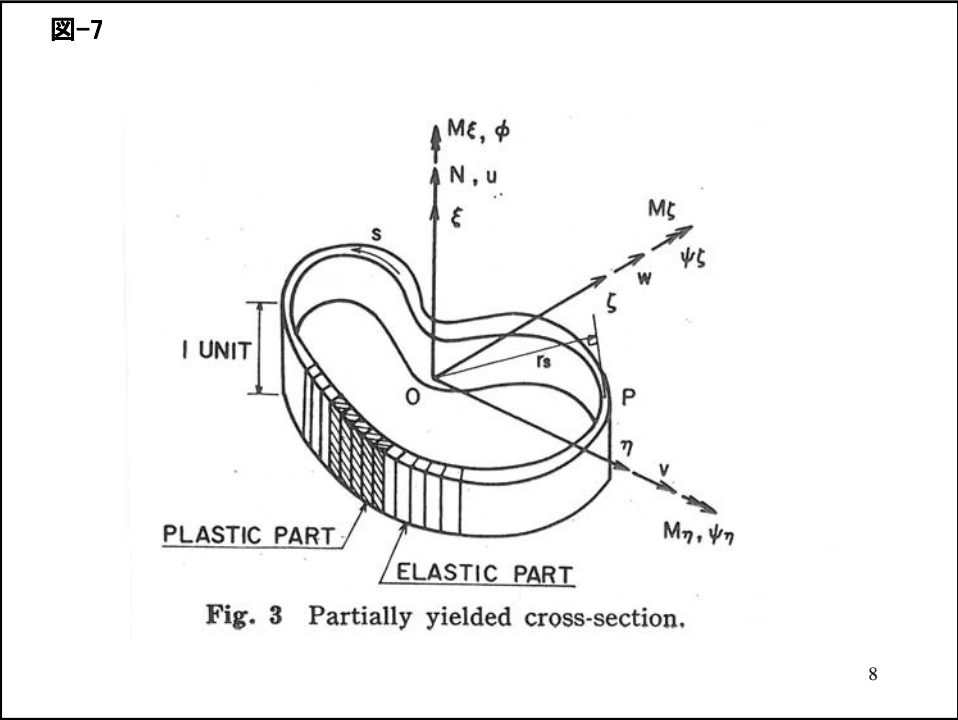
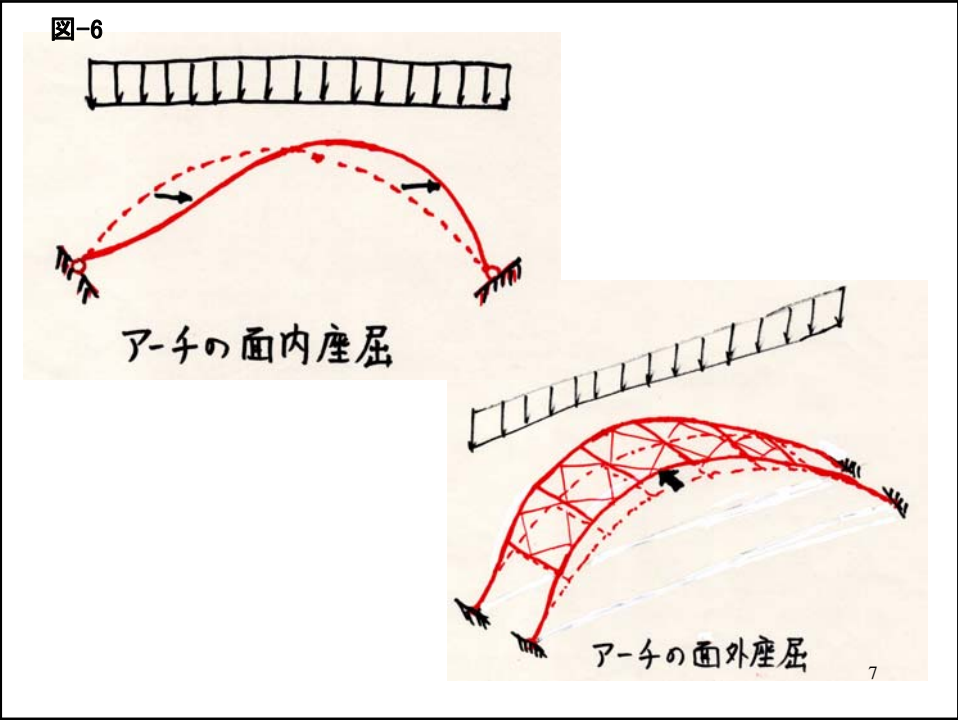


图-8



图-9



图-10

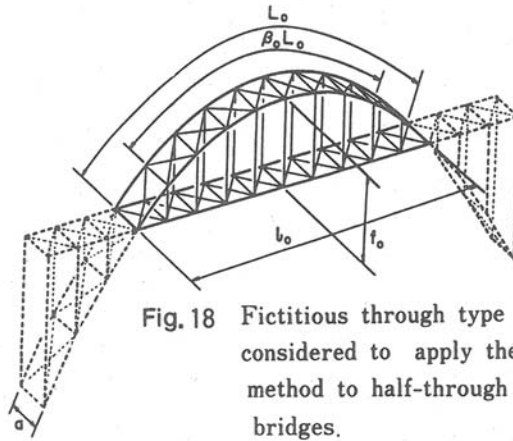
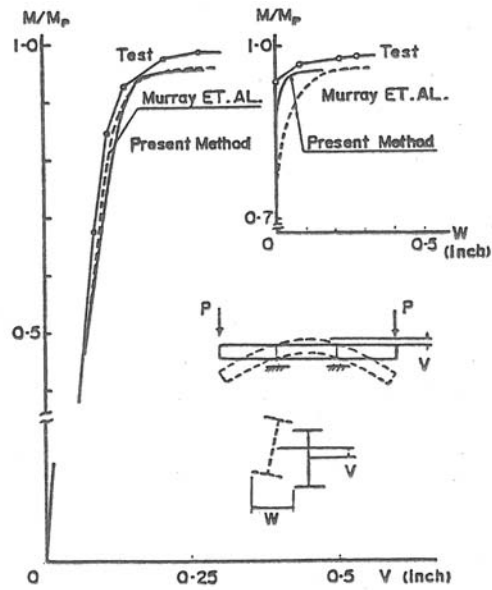


Fig. 18 Fictitious through type arch bridge considered to apply the proposed method to half-through type arch bridges.

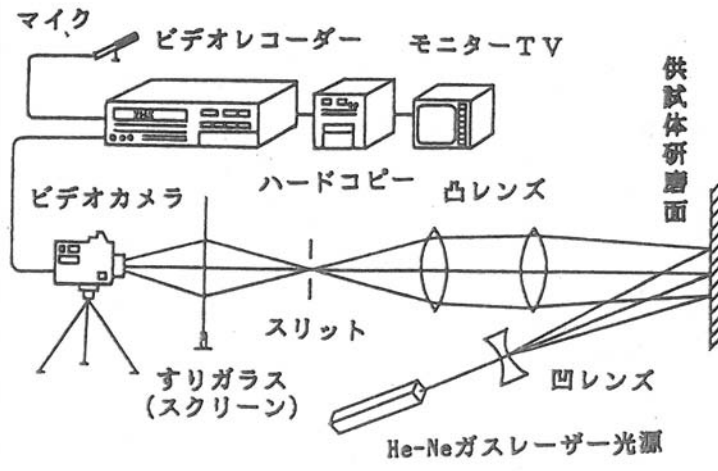
11

图-11



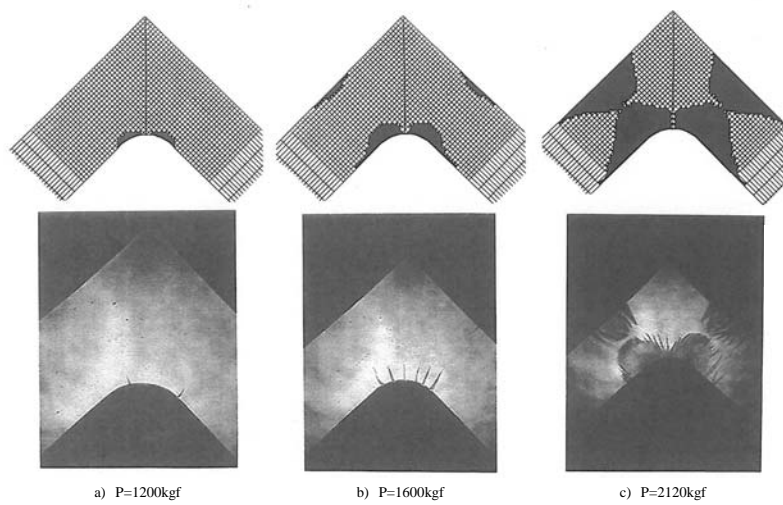
12

図-12



13

図-13



14

图-14

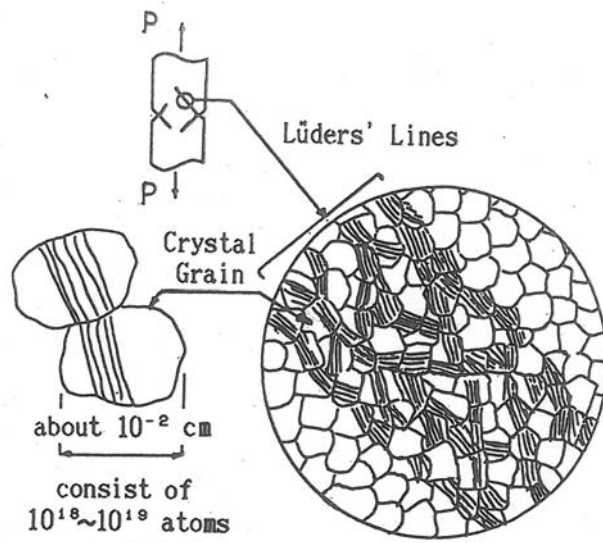


图-15

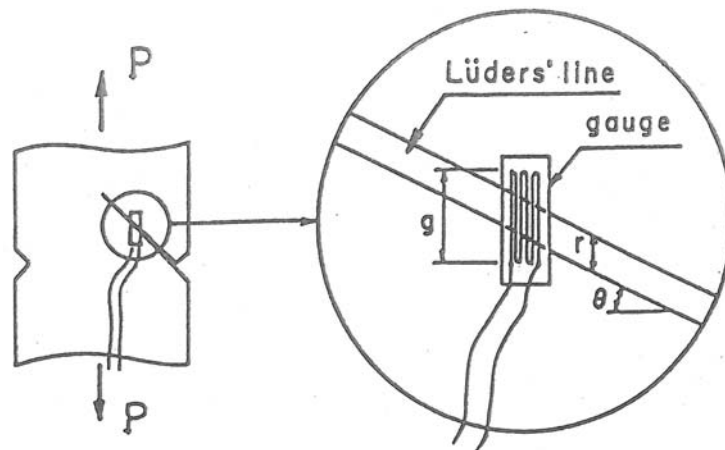


图-16



图-17



图-18



图-19

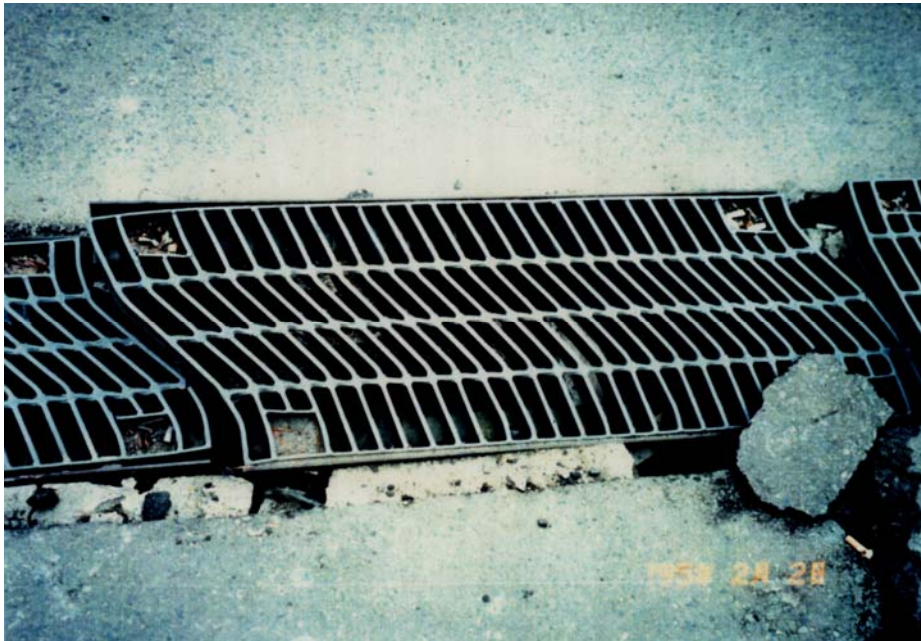


図-20



図-21

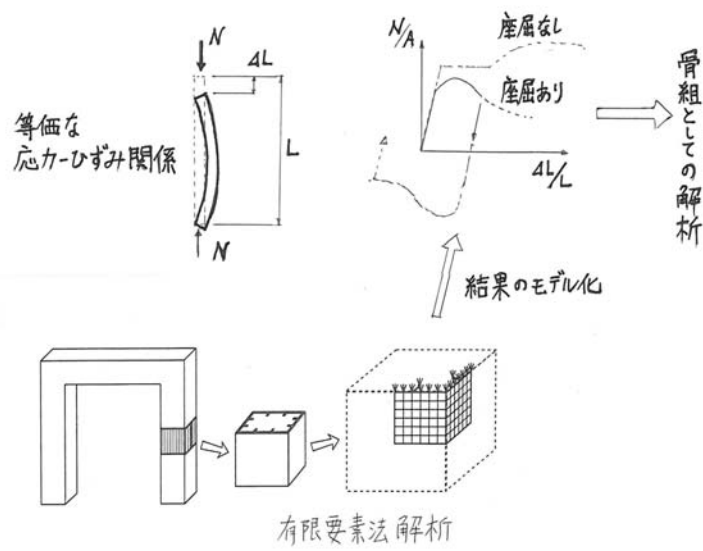
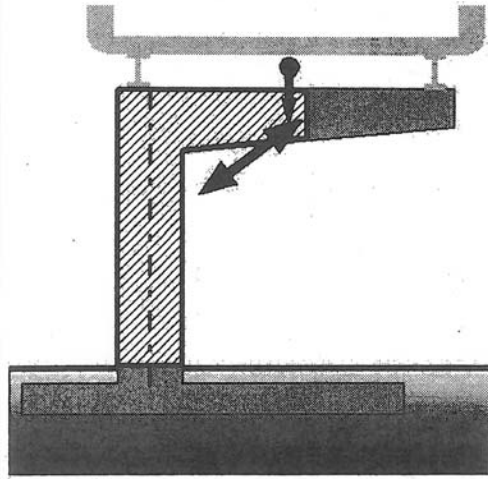


图-22



23

图-23



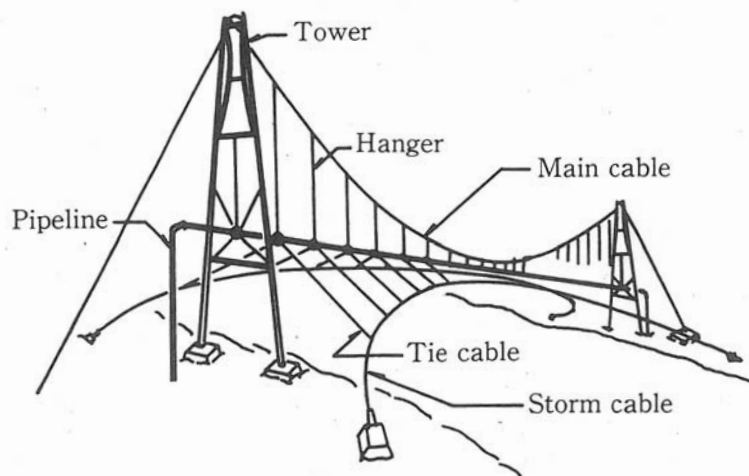
24

图-24



25

图-25



26

図-26

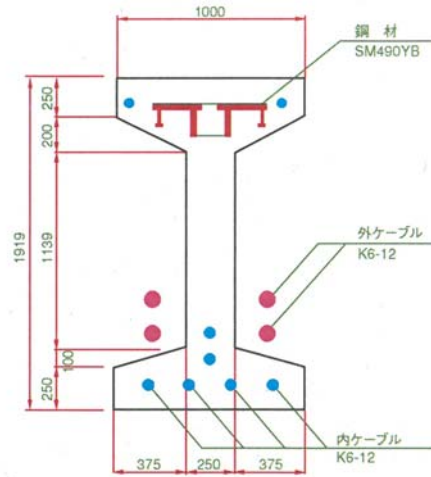
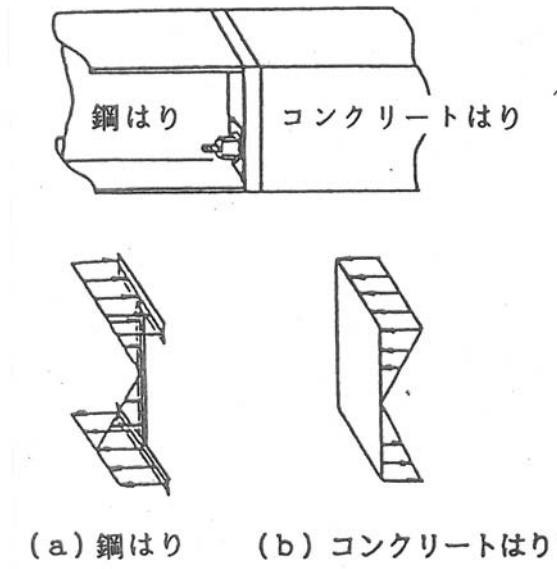


図-2 SPC構造の断面図

図-27



図-28



29

図-29(図-9再掲)



30

图-30



31

图-31



32

图-32



33

图-33



34

図-34



鮎の瀬大橋(矢部町)

35

図-35



36

図-36



図-37



図-38

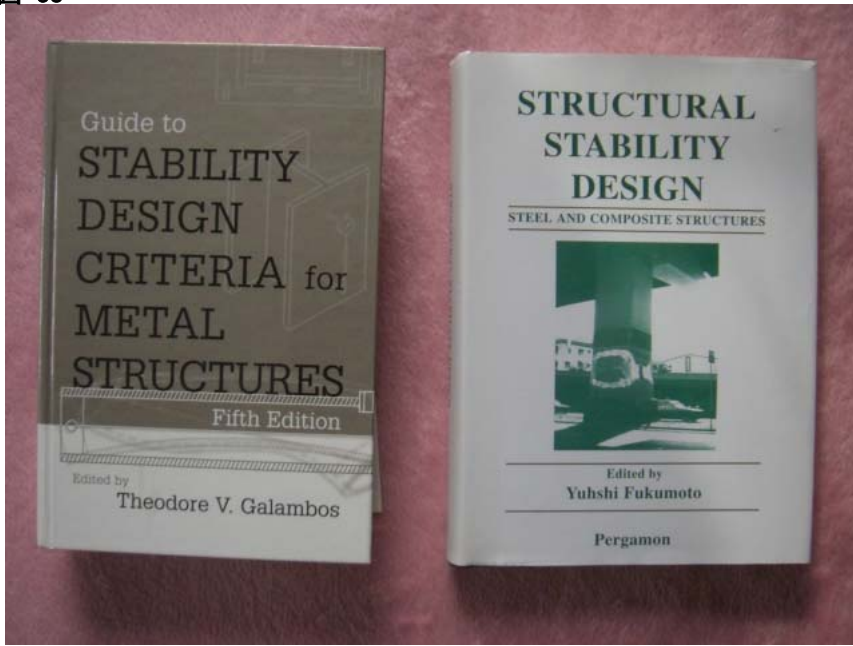
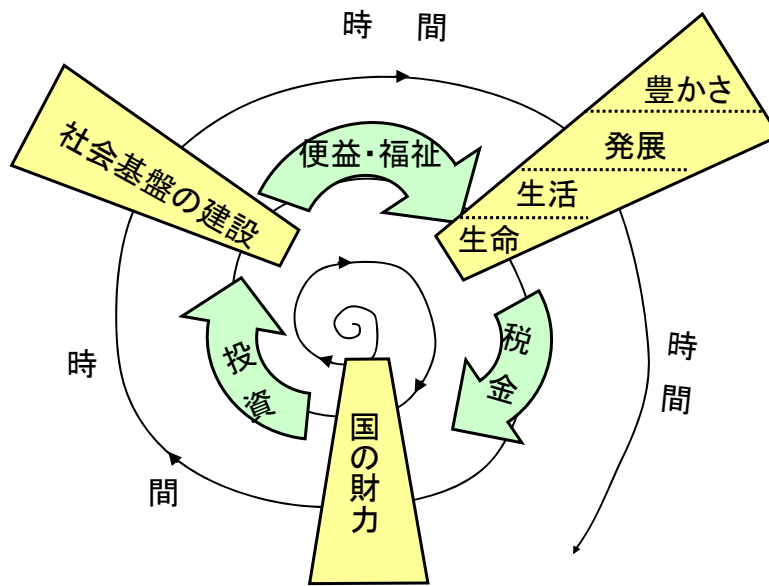


図-39



図-40



社会基盤と財力と時間の間から線モデル

図-41

教育組織の改組

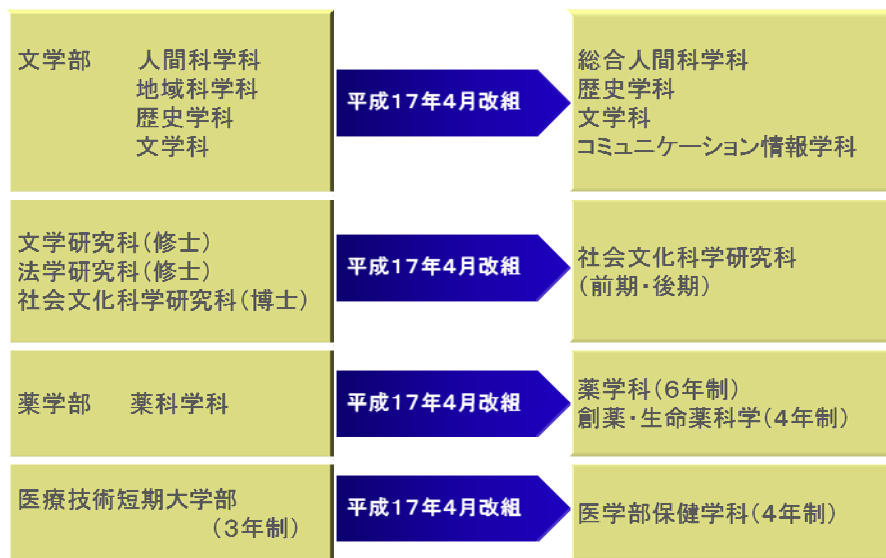


図-42

高度情報化キャンパスの構築

総合情報基盤センターを活用してすべての学生に対して情報基礎教育を実施し、全卒業生に対し一定レベルのコンピュータ操作及びコンピュータを用いた情報公開技術の習得を保証しています。
 また、全学に約**1300台超**のパソコンを設置し、かつ、キャンパス内は**無線LAN環境**も整備しています。



図-43

GP関係年度別補助金獲得状況

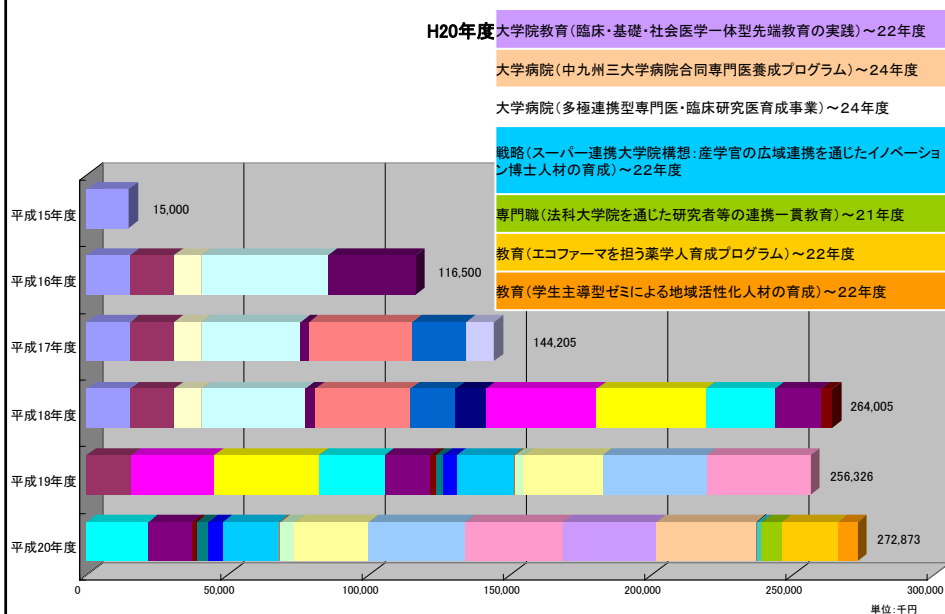


図-44

熊本大学大学院の将来像

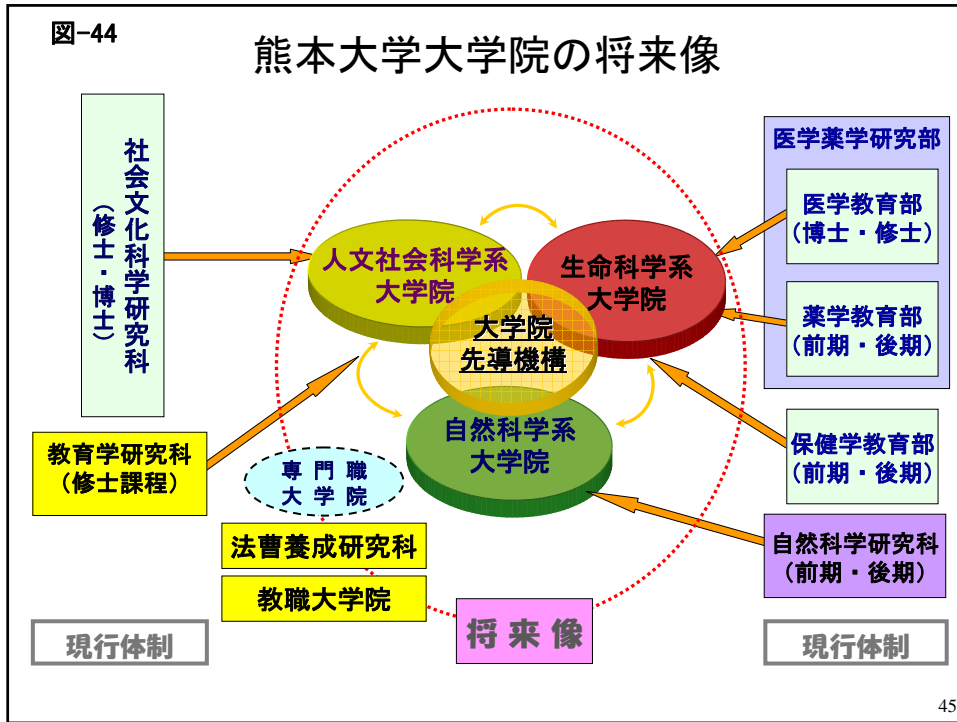


図-45

2つの21世紀COEと3つのグローバルCOE

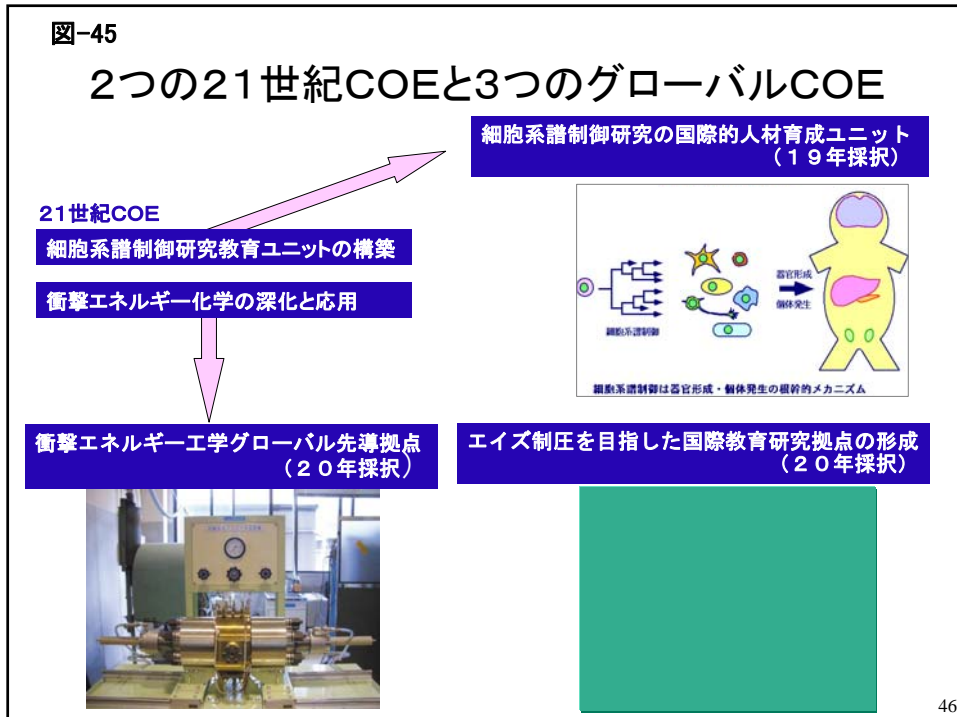


図-48

地域貢献基盤の構築

KUMADAIマグネシウム

5年間で24億円の助成がかったビッグプロジェクト



産業界へ技術移転



コア研究施設

有明海研究

有明海の再生に取り組む



干潟環境観測タワー



生物が生息できるように環境に配慮した、エコテラス護岸

図-49

熊本大学フォーラムの海外での開催



中国・上海(H17年10月)



韓国・大田(H18年9月)



インドネシア・スラバヤ(H20年11月)

図-51

施設整備



医学部図書講義棟(平成20年7月竣工)



東病棟(平成22年2月竣工予定)

51

図-51

熊本大学基金の創設

地域社会と共同し、地の創造、継承、発展を通じて豊かな未来を拓く



創設発表記者会見(平成19年11月1日)

同窓会連合会

同窓生相互の交流と親睦を深めるとともに熊本大学と同窓生の情報交換や連携協力を緊密に行い、熊本大学の発展と学術の振興に貢献する



東京連合同窓会設立記念式典(平成20年11月29日)

52

图-52

