

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告

No50 (2007)

—報 文—

1	インターネットを利用した産業機械の遠隔診断に必要な通信技術の開発 (第1報)	村河亮利, 藤原義也, 岩谷 稔, 本多誠一	1
2	ガイド波超音波を用いたプラント配管高速検査技術の開発	問山清和, 佐野 誠	5
3	広島湾流域圏環境再生研究 (第3報) —リモートセンシング画像による藻場分布把握技術の開発—	宮野忠文, 佐野 誠, 長谷川浩治, 馬場祥宏, 小黒剛成 相田 聡, 千葉良三	9
4	広島県独自の有機性資源循環システムの開発 —MAP法による汚泥のアンモニア除去とそのメタン酵特性—	樋口浩一, 倉本恵治, 小村直樹	13
5	ポリ乳酸の高性能化と自動車部品への応用	田平公孝, 佐々木憲吾, 小島洋治, 花ヶ崎裕洋, 大橋俊彦	17
6	ダイヤモンドコーティング工具の開発 (第2報)	本多正英, 縄雅典生, 山本 晃, 筒本隆博	21
7	粉末HIP法による抗クリーブ複合金型の開発 (第2報) —高温耐久性に優れた軽金属恒温鍛造金型の開発—	府山伸行, 寺山 朗, 藤井敏男	25
8	周波数特化型自動車用防音材料の開発 (第2報) —プラスチック共鳴器による吸音特性の評価—	長谷川浩治, 武田幹雄, 岡村雅晴, 酒井利文, 西村公伸	29
9	食品劣化防止のための紫外線遮断透明包材の開発 (第2報)	小島洋治, 大橋俊彦, 花ヶ崎裕洋	32
10	食品廃棄物のエネルギー変換に関する技術開発 (第3報) —水熱処理によるエネルギー化に関する研究—	宗綱洋人, 今村邦彦, 樋口浩一, 伊藤幸一, 小村直樹 橋本寿之	35
11	成形加工における生産設計支援技術の開発 (第1報)	打田澄雄, 安部重毅, 小島田博夫, 河野洋輔, 坂元康泰	39
12	金型加工状態監視システムの開発 —エンドミル加工におけるびびり回避システムの開発—	西川隆敏, 菊田敬一, 山下弘之, 打田澄雄, 安部重毅	43
13	局所材料挙動制御によるニアネットシェイプ成形技術の開発 (第2報) —可動ボンチを用いた張出し—絞り複合成形による円筒容器の変形特性—	森下勇樹, 門 格史, 小島田博夫, 池田哲宏, 坂元康泰 坂本快雄, 野中良儀, 片岡俊美	47
14	局所材料挙動制御によるニアネットシェイプ成形技術の開発 (第3報) —加熱・急冷法による局所材質制御技術の開発—	門 格史, 森下勇樹, 小島田博夫, 池田哲宏, 坂元康泰	51
15	BNフィラーの放熱性樹脂用材料としての特性とBN配合 放熱性エポキシ樹脂の作成方法	花ヶ崎裕洋, 大橋俊彦, 越田孝久, 末永博義	54
16	アルミニウム合金用新しい化学研磨液の開発	白石徳明, 樋口浩一	58
17	低温拡散接合のための表面改質の検討	寺山 朗, 府山伸行, 藤井敏男, 砂本健市	63

広島県立総合技術研究所
西部工業技術センター

BULLETIN
of The
Hiroshima Prefectural Technology Research Institute
West Region Industrial Research Center

No50 (2007)

—Originals—

- | | | |
|----|---|----|
| 1 | A remote monitoring system for industrial machine (1st report)
MURAKAWA Akitoshi, FUJIWARA Yoshinari, IWATANI Minoru and HONDA Seiichi | 1 |
| 2 | Rapid pipe inspection technique using guided wave
TOIYAMA Kiyokazu and SANNO Makoto | 5 |
| 3 | Research on the reformation of environment in Hiroshima Bay (3rd Report)
Development of technique for observation of eelgrass distribution by remote sensing image
MIYANO Tadafumi, SANNO Makoto, HASEGAWA Koji, BABA Yoshihiro, OGURO Yoshinari,
AIDA Satoshi and CHIBA Ryoza | 9 |
| 4 | Development of original organic resources circulation system of Hiroshima Prefecture
Ammonia removal on Sewage sludge by MAP method and methane fermentation characteristic
HIGUCHI Koichi, KURAMOTO Yoshiharu and KOMURA Naoki | 13 |
| 5 | Study of high ability of Poly Lactic Acid resin (PLA)
TAHIRA Kimitaka, SASAKI Kengo, KOJIMA Hiroharu, HANAGASAKI Hiromi and OHASHI Toshihiko | 17 |
| 6 | Development of diamond coated cutting tool (2nd Report)
HONDA Masahide, NAWACHI Norio, YAMAMOTO Akira and TSUTSUMOTO Takahiro | 21 |
| 7 | Development of Hybrid Dies with High Creep Resistance using Hot Isostatic Pressing (2nd Report)
Development of durable Isothermal Forging Dies for Light Alloys
FUYAMA Nobuyuki, TERAYAMA Akira and FUJII Toshio | 25 |
| 8 | Development of soundproofing materials for cars with targeted frequency characteristics (2nd Report)
Characteristics of sound absorption using plastic resonator
HASEGAWA Koji, TAKEDA Mikio, OKAMURA Masaharu, SAKAI Toshifumi and
NISHIMURA Kiminobu | 29 |
| 9 | Development about Transparency UV Cut Film for Utilization against The Food Deterioration (2nd Report)
KOJIMA Hiroharu, OHASHI Toshihiko and HANAGASAKI Hiromi | 32 |
| 10 | Development of Conversion from Food Wastes to Energy (3rd Report)
Study of Gasification in Supercritical Water
MUNETSUNA Hiroto, IMAMURA Kunihiko, HIGUCHI Koichi, ITOH Koichi,
KOMURA Naoki and HASHIMOTO Toshiyuki | 35 |
| 11 | Development of production design support technology in forming process (1st Report)
UCHIDA Sumio, ABE Shigeki, KOTORIDA Hiroo, KOUNO Yousuke and SAKAMOTO Yasuhiro | 39 |

12	The development of monitoring system of die machining conditions The development of system for preventing chatter in end milling NISHIKAWA Takatoshi, KIKUTA Keiichi, YAMASHITA Hiroyuki, UCHIDA Sumio and ABE Shigeki	4 3
13	Development of Near Net Shape Forming Controlled Local Material Behavior(2nd Report) Deformation Characteristics of Cylindrical Cup by Stretching and Drawing Processes Using Moving Punch MORISHITA Yuki, KADO Tadashi, KOTORIDA Hiroo, IKEDA Tetsuhiro, SAKAMOTO Yasuhiro, SAKAMOTO Yoshio, NONAKA Yoshinori and KATAOKA Toshimi	4 7
14	Development of Near Net Shape Forming Controlled Local Material Behavior (3rd Report) Development of controlling the local thickness reduction using the heat treatment by TIG welding KADO Tadashi, MORISHITA Yuki, KOTORIDA Hiroo, IKEDA Tetsuhiro and SAKAMOTO Yasuhiro	5 1
15	The properties of BN filler as materials of heat releasing resin and method of making heat releasing epoxy resin mixed with BN filler HANAGASAKI Hiromi, OHASHI Toshihiko, KOSHIDA Takahisa and SUENAGA Hiroyoshi	5 4
16	Development of Chemical Polishing Liquid for Aluminum Base Alloy SHIRAIISHI Tokuaki and HIGUCHI Koichi	5 8
17	Development of surface control technology for diffusion bonding at lower temperature TERAYAMA Akira, FUYAMA Nobuyuki, FUJII Toshio and SUNAMOTO Ken-ichi	6 3

Published by
Hiroshima Prefectural Technology Research Institute
West Region Industrial Research Center
E-mail : wkcgijutsu@pref.hiroshima.jp
2-Chome-10-1, Aga-minami, Kure-shi,
Hiroshima, 737-0004 JAPAN

抄 録

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 (No50 2007)

1 インターネットを利用した産業機械の遠隔診断に必要な通信技術の開発 (第1報)

村河亮利, 藤原義也, 岩谷 稔, 本多誠一

自動車部品等製造機械メーカーは、保守サービスの品質向上と効率化を図るために、あらかじめ対象機器の遠隔診断を行い、その結果を基に効率的にメンテナンスを行うことで稼働率を上げるサービスを試行している。この遠隔診断で用いられている通信の主流は電話からインターネットに置き換わりつつある。そこでデータ秘匿性を考慮しインターネット経由で安全に通信可能な産業機器の遠隔監視システムを開発する。

同時に産業機械を許可者以外が操作を行えないようにする装置として虹彩認証装置を開発する。

本年度は SIP を基本としたオープンソフトウェア (SER) を選定し、同一ネットワーク上での SIP プロトコルの正常送受信確認を行った。また組み込み Linux 開発環境の仮想化を行うと共に、評価ボードおよび組み込み開発環境を整備した。

P1～4, 図3, 表2, 写真1, 文献6

2 ガイド波超音波を用いたプラント配管高速検査技術の開発

問山清和, 佐野 誠

石油化学プラントの経年劣化に伴い、配管全体を高速かつ網羅的に検査できる技術としてのガイド波配管検査技術が期待されている。筆者らの一連の研究ではガイド波技術にパルス圧縮という信号処理手法を適用することでガイド波信号のSN比改善を行い、検査の適用範囲拡大と信頼性向上を目指している。

本報ではガイド波配管検査技術と、パルス圧縮技術について概要を説明した。次に開発技術のラポレベルでの検証実験では、従前手法に比べ30 dB以上のSN比改善効果があった。さらに、稼働中の石油プラ

ント実配管を用いてフィールドテストを行った。その結果、従前手法ではノイズにより欠陥が検出困難であった場合についても、開発手法の適用によりノイズが効果的に除去され、欠陥が明瞭に認識できるようになった。

さらに、開発技術の適用限界、検出可能な欠陥等について説明した。最後に開発技術適用によるメリットと期待される応用先についても述べた。

P5～8, 図6, 文献15

抄 録

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 (No50 2007)

広島湾流域圏環境再生研究 (第3報)

3 リモートセンシング画像による藻場分布把握技術の開発

宮野忠文, 佐野誠, 長谷川浩治, 馬場祥宏, 小黒剛成, 相田聡, 千葉良三

沿岸域の環境, 水産資源の維持のために重要な役割を果たしている藻場の分布情報を把握することは藻場を保全する上で重要である。本研究では, 無人ヘリコプタ, 人工衛星からのリモートセンシング画像によりアマモ場の分布を把握する技術の開発を行う。

無人ヘリコプタによる空中撮影をアマモ移植地である江田島市江田島町鷺部で平成19年3月19日に行った。その結果, 移植したアマモおよび周辺の天然アマ

モを確認できる良好な空撮画像を取得できた。

また, 三津口湾から大崎上島を対象地域として, 1990年から2000年の衛星画像について青バンドおよび青バンドと赤バンドの比を用いて藻場の抽出を行い, 既存藻場分布データと比較した。

その結果, 抽出した藻場分布エリアのうち既存藻場分布データと一致する割合は70%から80%となった。

P 9 ~ 1 2, 表 2, 図 10, 文献 4

広島県独自の有機性資源循環システムの開発

4 MAP法による汚泥のアンモニア除去とそのメタン醗酵特性

樋口浩一, 倉本恵治, 小村直樹

広島県産業科学技術研究所西尾プロジェクトで取り組んできた乾式メタン醗酵技術の実用化にあたり, アンモニア除去に係るランニングコストの低減化等の課題が残っている。その一つの解決策として, 汚泥中のアンモニアを除去するため, リン酸マグネシウムアンモニウム (以下, MAP と表記する) として固定化を行い, その汚泥のメタン醗酵を行った。

アンモニアは, マグネシウムイオン, リン酸イオン存在下, pH 7 以上で MAP を生成する。MAP は, 大気中 62°C を越えると, 徐々にアンモニア, 水を放出する。汚泥中のアンモニアを完全に除去するためには, 過剰のマグネシウムイオン, リン酸イオンが必要となるが, これらの無機塩がメタン醗酵時には, 阻害を示す。

P 1 3 ~ 1 6, 表 4, 図 2, 文献 2

5 ポリ乳酸の高性能化と自動車部品への応用

田平公孝, 佐々木憲吾, 小島洋治, 花ヶ崎裕洋, 大橋俊彦

ポリ乳酸は地球にやさしいプラスチックとして, 近年注目を集めているプラスチックであるが自動車部品への応用を考えると耐熱性と耐衝撃性が劣る。結晶核剤と高温金型による耐熱性の向上と結晶化促進剤による成形サイクルタイムの短縮および金型温度の低下に

ついて検討した。また柔軟樹脂の添加による耐衝撃性の向上を検討し, さらに結晶核剤と柔軟樹脂の混合方法を検討する事により耐熱性と耐衝撃性向上を両立することができた。

P 1 7 ~ 2 0, 表 1, 図 6, 写真 1, 文献 2

抄 録

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 (No50 2007)

6 ダイヤモンドコーティング工具の開発 (第2報)

本多正英, 縄雅典生, 山本 晃, 筒本隆博

従来の焼結工具にない安価で長寿命な高性能工具を実現するため, 新規ダイヤモンドコーティング工具の開発について検討した。本年度は, 気相合成法により, 木材切削用超硬チップの表面にダイヤモンド膜を合成し, その特性について木材切削実験を行い評価した。合成時のメタン濃度や合成時間を変えることにより,

様々な表面を持ったダイヤモンド膜を合成し, 木材切削実験を行った。その結果, 膜質, 膜厚の違いにより, 膜の剥離性, 切削消費電力量などに違いが見られた。また, 平滑なダイヤモンド膜を付けることにより刃先の磨耗を著しく低下させることができた。

P 21~24, 表3, 図8, 文献5

粉末HIP法による抗クリープ複合金型の開発 (第2報)

7 高温耐久性に優れた軽金属恒温鍛造金型の開発

府山伸行, 寺山 朗, 藤井敏男

軽金属恒温鍛造用熱処理金型に見られる軟化を防止するため, 強化材 CrB_2 , 自己潤滑材 WS_2 を配合した Ni 基超合金ベースの複合粉末を開発し, 粉末HIP法で金型表面にライニングさせた複合金型を試作し検討した。

ライニング層は硬度が HRC60 を越え, 室温摩耗量, 恒温鍛造温度領域での押し込みクリープ変位が 1/2 に低減するなど優れた耐久特性を示した。また, ライニ

ング境界面にはベース合金からの Ni 濃化が認められ, 型表面に強固に拡散接合し, 据え込み恒温鍛造試験後の剥離, 割れも発生しなかった。従来の金型材と比べ初期成形加重を 2 割程度低減でき, 耐久性の良好な軽金属恒温鍛造金型の製造技術を確立できた。

P 25~28, 図10, 文献10

周波数特化型自動車用防音材料の開発 (第2報)

8 プラスチック共鳴器による吸音特性の評価

長谷川浩治, 武田幹雄, 岡村雅晴, 酒井利文, 西村公伸

共振周波数において大きな吸音力を示すヘルムホルツ共鳴器の吸音原理を利用して, 低い周波数領域の騒音を対策できる防音材料を開発した。防音材料のベース材には, 軽量・薄型化を考慮して射出膨張成形によるプラスチック成形体を用いた。このプラスチック成形体のスキン層から膨張層に通じる穴をあけて試作し

た防音材料は, 穴径, 開孔率に応じた特性を示し, 特定の周波数に対して高い吸音性能を示した。穴径, 開孔率, 膨張倍率を変えて吸音率のデータ蓄積を行い, 自動車用部品への適用を想定したボード状の試料を製作して吸音性能を評価した。

P 29~31, 図10, 文献3

抄 録

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 (No50 2007)

9 食品劣化防止のための紫外線遮断透明包材の開発 (第2報)

小島洋治, 大橋俊彦, 花ヶ崎裕洋

透明であり、かつ紫外線を遮断する、食品包装用プラスチックフィルムの開発を目的として、紫外線遮断塗料の合成方法について検討した。紫外線遮断塗料として酸化チタンペルオキシ改質アナターゼゾル (PAゾル) の利用を目的として、簡便な合成方法について検討するとともに、その特性を調べた。

その結果、原料としてチタンアルコキシドを用い、

ワンポットでの、より簡便なPAゾルの合成方法を見出した。また、PAゾル合成過程における溶液加熱時間を最適化することで、一定の測定条件下、波長400nmの光をほぼ透過し、かつ320nmの紫外線はほとんど吸収する特性を有する液を作成した。合成したPAゾルは、アナターゼ型酸化チタンの粒子であり、その粒径は約60nmであった。 P 3 2～3 4, 図7, 文献3

食品廃棄物のエネルギー変換に関する技術開発 (第3報)

10 水熱処理によるエネルギー化に関する研究

宗綱洋人, 今村邦彦, 樋口浩一, 伊藤幸一, 小村直樹, 橋本寿之

バイオマスの一つである食品廃棄物は含水率が高いため、水を除く必要がない水熱処理によるガス化は有効な手段と考えられる。本研究では、連続処理装置を作成しグルコース及び食品廃棄物モデルの一例として採用した「トンカツ弁当」の連続処理ガス化の検討を行い、以下のことを明らかとした。

1) 食品廃棄物のモデルとしての「トンカツ弁当」の連続処理装置によるガス化を達成した。2) 反応条件を検討した結果、現状で3%グルコース溶液、「トンカツ弁

当」では1%までの濃度でガス化が可能であることが確認できた。3) 食品廃棄物の粉碎方法の検討を行い(東部工技C)、前処理に酵素処理が有効であるということが分かった。(要経済性の検討) 4) 試料を完全にガス化できる条件でチャーの生成を防ぐことが連続運転には必要であるなど、今後の装置開発に役立つ知見を得ることができた。

P 3 5～3 8, 表3, 図8, 文献2

11 成形加工における生産設計支援技術の開発 (第1報)

打田澄雄, 安部重毅, 小島田博夫, 河野洋輔, 坂元康泰

軽量化や安全性向上の両立を図る自動車業界などを中心に高張力鋼板などの適用が急増している。部品的大型化に伴い複雑な形状などに対して、従来の熟練者の経験と勘だけでは最適な加工条件を見出すことが困難となってきた。本研究では成形シミュレーションなどを駆使して、熟練者の持つノウハウの「見える

化」, 共有化できる仕組みを構築し、設計者が構想設計における標準モデル, 材料, 加工条件等を過去の事例, 解析データ等のデータベースを参照することにより、効率的な生産設計を支援する技術開発を行った。

P 3 9～4 2, 表2, 図15, 文献1

抄 録

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 (No50 2007)

金型加工状態監視システムの開発

12 エンドミル加工におけるびびり回避システムの開発

西川隆敏, 菊田敬一, 山下弘之, 打田澄雄, 安部重毅

金型加工時に発生するびびりは避けるべき課題である。しかし、小径工具による仕上げ加工時などに問題となるびびりは、得られる異常信号が小さいため、検知することが難しい。本研究では、小さな振幅のびびりに対しても有効な検知方法として、切削中の振動パワースペクトルの、空転中パワースペクトル集合で基

準化した“距離”が大きくなることを利用したびびり検知技術を開発した。さらに、びびりが発生した場合に、主軸回転数、送り速度を低下させ、びびりを回避するシステムも開発した。このシステムを傾斜面加工、および、実金型モデルの仕上げ加工へ適用し、有効性を確認した。 P 4 3～4 6, 表 3, 図 8, 文献 2

局所材料挙動制御によるニアネットシェイプ成形技術の開発 (第 2 報)

13 可動ポンチを用いた張出し - 絞り複合成形による円筒容器の変形特性

森下勇樹, 門 格史, 小島田博夫, 池田哲宏, 坂元康泰, 坂本快雄, 野中良儀, 片岡俊美

本研究は、金属薄板のプレス成形において、プレス金型の局所領域を可動ポンチとした手法により、一行程で複数の成形プロセスを多段的に行う複合成形について検討した。実験モデルは円筒容器の成形を対象とし、通常円筒絞りを用いる剛体ポンチの平頭部を可動ポンチ、筒状部をドローポンチとした金型構造により、張出し - 絞り複合成形を行った。円筒容器の変形

状態を解析した結果、次のことが明らかになった。可動ポンチは円筒容器の側壁部とフランジ部の境界で最大となる半径方向ひずみを低減させ、底部に拡散させる。また、可動ポンチはブランク中心部に張出し変形を与えることから、円筒容器の底部の板厚を減少させることが可能である。

P 4 7～5 0, 表 2, 図 6, 文献 3

局所材料挙動制御によるニアネットシェイプ成形技術の開発 (第 3 報)

1 4 加熱・急冷法による局所材質制御技術の開発

門 格史, 森下勇樹, 小島田博夫, 池田哲宏, 坂元康泰

冷間圧延鋼板 SPCC, 高張力鋼板 (590MPa 級) の破断予想箇所をあらかじめ溶接機で熱処理を行うことにより、局所伸びを拡散・均一化することで成形性を向上させる技術開発を行い、以下の結果を得た。

(1) 冷間圧延鋼板 SPCC

鋼板の破断予想箇所へ熱処理することで、成形時の局所的な伸びは拡散され、成形性が向上した。

(2) 高張力鋼板 (590MPa 級)

鋼板の破断予想箇所へ適切に熱処理することと溶接速度を通常よりも早くすることで、成形時の局所的な伸びは拡散され、成形性が向上した。また、熱処理により発生したピード周辺の伸び箇所へ更に熱処理することにより、成形性が向上した。

P 5 1～5 3, 表 5, 図 7, 文献 1

抄 録

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 (No50 2007)

15 BNフィラーの放熱性樹脂用材料としての特性と BN配合放熱性エポキシ樹脂の作成方法

花ヶ崎裕洋, 大橋俊彦, 越田孝久, 末永博義

窒化ホウ素 (BN) は高い熱伝導率を持つことや高温安定性を示すことが知られている。昨年度から、筆者らはBNの放熱性フィラーとしての特性を調べることを目的として研究を行ってきた。昨年度の結果を受け、今年度は新しいBN粉末を試作し、その材料特性を調べるとともに、BNを配合したエポキシ樹脂を作成する条件についての検討も行った。

新しく試作されたBN粉末は、エポキシ樹脂と複合化した際の銅箔との最大はく離強度の値が、昨年度使用したBN粉末を複合化した樹脂の値よりも大きかった。また、BNフィラーを配合したエポキシ樹脂の密度と熱伝導率は、溶剤の沸点よりも低い温度で乾燥させ、成形するとより大きな値を示すことがわかった。

P 54～57, 表7, 図3

平成18年度地域研究者養成事業「湿式表面処理技術」 16 アルミニウム合金用新しい化学研磨液の開発

白石徳明, 樋口浩一

化学研磨は電解研磨に比べ、電解電源がいらない、電解時の電圧、電流管理などが不要であるなど、メリットが多い。本ORTでは、これまで当社(ワールドアルマイト)が、対象としていなかったアルミニウム合金用の化学研磨液の開発にあたり、窒素、リン酸を含む化学研磨液は、環境上の問題が有ることから、アルカリ系の化学研磨液に注目し、新しい研磨液の開発

を行った。開発した研磨液を用いることで、光沢については、10分で光沢330を得ることができた。メタホウ酸ナトリウムの添加で光沢を増すことが可能となったが、過剰の添加は光沢を増さないだけでなく、バリもほとんど除去されず、寸法変化・表面粗さについても、化学研磨前後でほとんど変化がなかった。

P 58～62, 表1, 図12, 写真1, 文献1

抄 録

広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 (No50 2007)

平成 18 年度地域研究者養成事業「金属界面の制御技術」

17 低温拡散接合のための表面改質の検討

寺山 朗, 府山伸行, 藤井敏男, 砂本健市

拡散接合は加熱により固相のまま接合を行うプロセスである。ロウ材や溶接などと比べ、材料の変質や不純物の混入を抑えることができる。接合温度を低くすることは材料の特性劣化を少なくし、接合コスト低減にもつながる。そのため、接合表面に処理を行い温度を変化させて接合し、それらの処理が接合強度や組織に及ぼす影響について調べた。界面密着性の向上、表

面酸化膜の除去および材料への格子欠陥導入などを行った結果、接合強度には表面粗さの調整が最も重要であることが明らかとなった。鏡面仕上げでは界面の密着面積が最も広くなるため、改質前に比べて接合温度を約 300°C 低下させることができた。

P 6 3 ~ 6 5, 図 7, 文献 3
