

# 中部地方における災害と対応について

## － 中京工業地帯における地震災害と風水害 －

奥川雅之 (愛知工業大学)

### 1. はじめに

中部地方は、日本列島の中央に位置し、日本海に面する北陸地方、内陸部の中央高地（東山地方）、太平洋に面する東海地方に分けられる。特に、東海地方は、愛知県を中心に自動車や航空機生産に関する製造業が集中している三大工業地帯の一つである中京工業地帯を有している。地理的には、岐阜県北部や愛知県東部には、山岳地帯が広がり、南部は、伊勢湾、三河湾などに面し、木曾三川（長良川、木曾川、揖斐川）、矢作川等大型河川周辺には、濃尾平野や三河平野、伊勢平野が広がっている。名古屋港周辺には、製鉄所、石油コンビナート等も集積している。また、豊田市や鈴鹿市周辺には、自動車産業関連企業が集積している。

この地域では、伊勢湾台風や東海豪雨など、風水害による被害が多いのが特徴である。一方で、地震災害も多く、最も被害が大きかったものは、濃尾地震である。今後、東日本大震災のような、東海・東南海・南海連動型地震の発生が懸念されている。

本報告では、東海地方を主に調査対象とし、特に、愛知県三河地域および名古屋港臨海工業地帯に注目し、山間部や河川流域における災害、臨海部および内陸部の製造業密集地における災害の特徴、および問題点を整理し、ロボット技術の活用について述べる。

### 2. 過去に発生した大雨/台風と大地震

過去に、中部地方（本報告では、東海地方を主に調査した）で発生した代表的な災害を以下に示す。

- 東海豪雨 2000年（平成12年）9月11日，12日
- 伊勢湾台風 1959年（昭和34年）9月26日
- 南海地震 1946年（昭和21年）12月21日，M8.0
- 東海地震 1854年（安政元年）12月23日，M8.4
- 濃尾地震 1891年（明治24年）10月28日，M8.0
- 東南海地震 1944年（昭和19年）12月7日，M7.9
- 三河地震 1945年（昭和20年）1月13日，M6.8

東海地方で最も被害の大きかった風水害は、1959年（昭和34年）9月26日に発生した伊勢湾台風である。死者と行方不明を合わせた犠牲者は5000名以上とされている。昭和の三大台風の一つである。また、この地域で被害の大きかった地震災害として、1891年（明治24年）10月28日に発生した濃尾地震が挙げられる。死者は7000名以上、全壊家屋は14万戸以上とされている。直下型地震であり、このときの震源断層が、根尾谷断層である（図1）。図2には、岐阜県岐阜市内の長良橋が崩落した写真を示す。

東海地方における災害被害の特徴を調査するにあたり、中京工業地帯（図3）である点に注目し、製造業密集地として、内陸の大型河川周辺部および山間部（豊



図1 濃尾地震：根尾谷断層 [1]

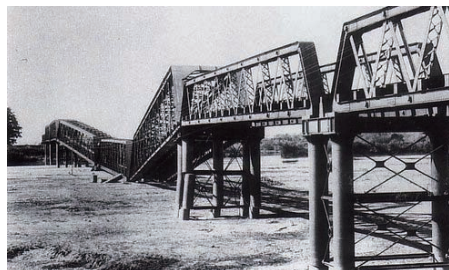


図2 濃尾地震：長良橋（岐阜市歴史博物館資料）

田市）、臨海部（名古屋港）に注目することとした。本報告では、大都市災害に分類される名古屋市中心部、津波災害が想定される太平洋および伊勢湾岸周辺については、調査対象から外した。



図3 中京工業地帯

### 3. 大型河川流域での水害

愛知県東部の三河地域は、豊田市、岡崎市、豊川市および豊橋市等のような自動車産業を中心とした製造業が集中している地域であるとともに、山間部を有している。また、一級河川である矢作川流域でもある。東海地方全般に言えることであるが、頻度が高く最

も注意すべき災害は、台風や大雨等による風水害である。大型河川である矢作川の氾濫も問題となるが、市街地近郊を流れる比較的規模の小さな河川の氾濫も見逃すことはできない。大雨による河川の増水により、堤防が決壊し、市街地に流れ込んだ場合、家屋の浸水が挙げられる。早期の避難勧告および避難指示が重要な対策となる。そのため、風雨量や河川の水位変化をモニタリングする必要がある。しかし、東海豪雨の際に矢作川流域の市町村に出された避難勧告への対応状況は、豊田市の避難勧告対象者に対する避難者の比率が関連7市町村のなかで最も低い状況であったと記載されている[2]。これは、市民の危機意識が低下していることを示しており、仮に、避難勧告を早期に通知したとしても、従わない可能性を示唆している。

東海地方は、矢作川をはじめ、木曾三川等、一級河川が多い地域である。愛知県西部の濃尾平野は、国内最大のゼロメートル地帯としても有名である。そのため、河川の増水や土石流等による橋梁の崩落等により、対岸への交通が分断される可能性もある。

#### 4. 山間部での土砂災害

豊田市は、平成17年の合併後、約7割が森林となり、平成23年4月1日現在、愛知県内の山地災害危険地区として、山腹崩壊危険地区910箇所、崩壊土砂流出危険地区696箇所、地すべり危険地区3箇所、合計1609箇所と指定されており、県内で最も多い。また、土石流危険渓流としても県内で最も多い[3]。

山間部では、大雨による山崩れ、土砂崩れなどによる孤立集落が問題となっている。情報網の復旧、食料や物資等の搬送などへの対策が課題となっている。

一方、十分な間伐が行われていない場合、山間部の保水力が低下し、雨水等が地表内にしみ込まず、雨水は、地表を流れ、市街地に流れ込み、浸水をもたらす。

#### 5. 製造業密集地の問題

##### 5.1 交通渋滞

豊田市は、トヨタ自動車を中心とした自動車産業の集積地である。市内には、製造業の数が1600社以上(H18年統計結果より：豊田市平成18年事業所・企業統計調査結果報告書)存在する。しかし、多くの企業は、高台に立地しているため、河川の氾濫の影響は少ない。しかし、地震による2次災害が懸念される。例えば、有毒ガスの漏えい、爆発、火災などである。また、豊田市は典型的な自動車社会であり、通勤者の多くは自動車通勤である[4](図4)。そのため、災害発生時刻によっては、交通混乱を招く可能性が高い。その結果、帰宅困難者対策だけでなく、都市部においても孤立化が懸念される。

##### 5.2 被災建物の危険度判定と被害認定

震災後、避難所で生活する被災者の多くは、避難所生活から解放されたいであろうし、製造業の多くは、すぐに生産を再開したいため、製造業の経営者は、損壊した生産設備の補修や復旧を速やかに行いたい。しかし、地震が起きた後の建物に立ち入ったり、壊れた生産設備に不用意に近づくことは危険である。余震の発生、生産設備の損壊や漏電、建造物や配管の崩落といった



図4 豊田市内の交通渋滞

2次災害の危険性が高いためである。災害発生後、被災した建物の状態を調査するものとして、応急危険度判定と建物被害認定調査がある[5]。



図5 住家被害認定業務の様子[6]

「応急危険度判定」とは、地震後、余震等による建築物の倒壊や落下物、転倒物による二次災害を防止するため、できる限り早く、短時間で建築物の被災状況を調査し、当面の使用の可否について判定するものである。主に、応急危険度判定士として都道府県に登録された耐震診断士や建築士などが、ボランティア活動として行っている。そのため、判定作業は、ボランティアの人材確保、余震の収束を待ち、発災後、しばらく経ってから行われる。調査結果は、危険(赤紙)、要注意(黄紙)、調査済(緑紙)で表示される。

一方、「災害に係る住家の被害認定」とは、地震や風水害等の災害により被災した住家の被害程度(全壊、半壊等)を認定することをいい、市町村が実施するものである。この被害認定により、災害の規模、被害の全体像の把握がなされるとともに、被災者に対する「り災証明書」の発行が行われることとなる(図5)。

他にも被災区分判定というものもある。地震により被災した建築物を対象に、その建築物の内部に立ち入り、建築物の傾斜、沈下及び構造躯体の損傷状況等を調査することにより、その被災度を区分するとともに、継続使用のための復旧の要否を判定するものである。

工場建屋等の危険度判定や被害認定の調査を行う人手不足や作業の効率化等が課題となっている。

##### 5.3 外国人集住都市の問題

豊田市は、市内に存在する企業の国際交流が活発であり、製造業を中心に外国籍労働者が増加している[7]。特に、豊田市保見ヶ丘にある保見団地(図6)には、団



地内に住む外国籍住民は全住民の45%にのぼる。そのため、外国籍住民の避難行動の遅れが問題とされている。外国籍住民や高齢者等、災害時要援護者の増加も防災対策として、懸念事項の一つとして挙げられる。



図6 保見団地：豊田市

## 6. 臨海地域の災害

名古屋市港区は、名古屋港を擁した工業地帯である。想定される災害は、主に、大型台風や地震等による津波や高潮である。伊勢湾台風の際は、貯木場の被害が甚大であった。当時、名古屋港は、木曾檜の集散場であった熱田の港が発展したこともあり原木の輸入とその製品の輸出が貿易の柱であった。そのため、貯木場には大量の木材が集まっていた。高潮により、貯木場から流出した大量の流木により、多くの犠牲者を出した[8]。貯木場から押し寄せた丸太で埋まった白水小分校の様子を図7に示す。学区では73人の子どもたちが犠牲になった[9]。



図7 伊勢湾台風の被害例：貯木場から流出した流木

しかし、近年では、貯木場にかわり、港の埠頭には、輸出する自動車や、コンテナが密集している。そのため、津波や高潮による、これらの流出が懸念されている(図8)。

一方、名古屋港9号地の石油コンビナートでは火災が懸念されている。東日本大震災の際に発生した仙台港地区の石油コンビナート火災の例のように、大地震を要因とする、2003年(平成15年)8月29日に発生した石油タンクの火災事故が挙げられる[3](図9)。石油タンクの場合、長周期地震動により、地盤の液化化や浮屋根式タンクでは、浮屋根の落下やタンク側板との衝突や摩擦により発火し、火災に至ると言われている。その結果、黒煙の噴出や重油や原油が海へ流出する。



図8 輸出を待つ自動車



図9 エクソンモービル名古屋油槽所火災

名古屋港にある高潮防波堤は6.5mある。その他にも防潮壁および防潮扉が建設されている。これらは、伊勢湾台風以降に建設された。防潮扉を閉鎖する際、周辺に人がいないかどうか最後まで確認しなければならない。少しでも閉鎖が遅れると、閉鎖作業を行う消防隊員等が犠牲になる可能性がある。

## 7. 災害対応に向けたロボティクスの活用

間伐材の伐採 災害が発生する前に、定期的な間伐材の伐採を行っておけば、下草が生育しやすい環境ができ、土壌の流出を防ぐため、土砂災害の防止につながる。しかし、コストや人材不足等により、間伐の実施が困難な状況であるため、ロボティクスの活用が期待されている。枝打ちロボットは提案されているが、間伐ロボットなど林業ロボットに関する研究は少ない。日本の山間部は、急な斜面が多いため、様々な斜面で移動できる移動機構の開発、チェーンソー等の作業を支援するパワードスーツ等の開発が期待される。一方、植栽密度を把握することも必要であるため、上空からのリモートセンシングや本数、生育状態等の測定も課題とされている。

孤立集落対策 土砂崩れ、橋梁の崩落、交通渋滞等により、孤立化が懸念される。その結果、連絡手段の断絶、食料や衣服等の供給困難等が問題となる。そこで、空中を移動する飛行ロボット等の活躍が期待される。しかし、稼働時間や積載重量の問題、風雨の中での移動等、解決すべき課題は多い。また、

断絶した通信インフラを復旧するために、モバイル型中継モジュールを設置する。

飛行ロボットによる情報収集 河川の水位調査や孤立集落の状況把握など、遠隔操縦による無人ヘリコプターなどの飛行ロボットの活用が期待されている。情報収集のみであれば、小型のもので十分であるが、やはり、風雨の中での安定飛行は大きな課題である。

有毒ガスの測定 地震災害の際、倒壊家屋周辺、特に、製造業の生産工場、石油コンビナートや化学工場周辺に近づく際、消防隊員は、探索エリア周辺に対して、有毒ガスの測定を行う。遠隔操縦ロボットに搭載した各種センサにより、安全な場所での調査が可能となる。不整地移動機構をはじめ、各種センサの搭載、プローブを任意の場所に挿入するための多自由度アーム等の開発が期待される。

損壊程度の調査 有毒ガスの測定と似ているが、地震災害による倒壊建物の危険度、被害認定等に関する調査を遠隔から行うことができれば、2次災害の危険性が下がるとともに、センサや画像処理等による定量的な調査によって、公平性の確立、人材不足の問題等も解決される。

避難行動支援、避難勧告の徹底 集合住宅における外国籍住民や高齢者住民は災害時要援護者と呼ばれている。言語の問題や身体のハンディーキャップにより、避難行動の遅れが懸念されている。そこで、緊急地震速報とロボットが連携することにより、得られた地震情報（震度、到達時間）から、危険度を判定し、災害時要援護者の避難行動をジェチャー等により促すことが期待される [10]。

また、緊急地震速報の普及により、知名度は上がったが、「テレビでBGMのように連日流れて、オオカミ少年のようになってしまっている」という指摘もある [11]。そこで、ロボットが、情報を整理し、適切な避難行動のアドバイスをすることも考えられる。

防波堤閉鎖、河川の水位モニタリング、早期警報 大型河川等には、定点カメラや水位センサが設置され、国土交通省がWEB上にて、リアルタイムに取得データ<sup>1</sup>を公開している [12, 13]。しかし、それ以外の河川では、市の職員等が、センサやカメラを現地に持参し、設置するケースもあると聞く。そのため、任意の場所での観測が可能なカメラやセンサを搭載した遠隔操縦型移動ロボットの活用が期待されている。悪天候のもとで、移動する必要があるため、移動形態については、検討が必要である。

石油コンビナートの監視 石油コンビナートや製鉄所内では、PHS や省電力無線等を利用したワイヤレスセンサネットワークを構築し、設備や装置の状態監視を行っている。しかし、発災後は、常設され

ていたセンサが使用できない状態になったり、通信網が断絶することも考えられる。やはり、投入が容易で、高い走破性を揺する小型の遠隔操縦型移動ロボットが有用であると考えられる。

水害対応ロボット 津波や河川の氾濫による浸水や洪水の際、浮き輪もしくはボート型のロボットが、取り残されている人のもとに移動し、しがみついてもらう。救助隊が遠隔から操縦し、救助する。

## 8. まとめ

本調査記録は、豊田市社会部防災対策課防災対策担当専門監 田口厚志氏および名古屋市港防災センター 近藤守氏に話を伺った内容をもとに調査を行った。東海地方を中心とした中部地方の災害の特徴を挙げるとともに、各災害で想定される作業に対するロボティクスの活用について検討した。災害発生直後の人命捜索や救助作業だけでなく、発災前の防災対策や予報に関する効率化、正確性の実現、発災後の避難誘導、被害状況調査、復旧作業、通信インフラ構築（補完）など様々な視点で、ロボティクスの活用が必要とされている。しかし、その実現には、新たに挑戦すべき課題も多い。当面は、遠隔操縦型移動ロボットが中心となるが、災害発生時間前後では、激しい風雨や地割れや土砂崩れ、がれき等が散乱した悪路の環境下での移動が要求される。このような全天候型可到達性の実現には、よりロバストな移動機構（陸上、空中、水中）、周辺環境および状態量の情報モニタリング（計測、推定）、遠隔操縦システムの確立などが課題として挙げられる。

## 参考文献

- [1] B. Koto, "On the cause of the great earthquake in central Japan", Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo, Imperial University, Japan, 5, 1893, pp.296-353.
- [2] 豊田市建設部河川課, 豊田市総合雨水対策マスタープラン, 2004.
- [3] 愛知県防災会議事務局, "愛知県地域防災計画附属資料(平成23年修正)", 2011.11.
- [4] 豊田市, 三好町, "豊田・三好1次交通圏交通計画", 2007.3.
- [5] 内閣府, 災害に係る住家の被害認定, <http://www.bousai.go.jp/hou/nyou.html> (2012/7/20 アクセス)
- [6] 内閣府, "大規模災害時における住家被害認定業務の実施体制整備のあり方について - 事例と例示 -".
- [7] 外国人集住都市会議, <http://www.shujutoshi.jp/> (2012/7/20 アクセス)
- [8] 中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会, "1959伊勢湾台風報告書", 2008.3.
- [9] 名古屋市総務局調査課, "伊勢湾台風災害誌", 1961
- [10] 大道拓磨, 奥川雅之, "災害時要援護者に対するの避難行動支援ロボットを用いたユニバーサルな伝達方法の検討", 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門講演会論文集 DVD-ROM, 1A1-M01, 2012.
- [11] "緊急地震速報、的中3割に低下「誤報と思わず身構えて」", 朝日新聞デジタル (2011年3月21日), <http://www.asahi.com> (2012/7/20 アクセス)
- [12] 国土交通省, 川の防災情報, <http://www.river.go.jp/> (2012/7/20 アクセス)
- [13] 国土交通省 中部地方整備局豊橋河川事務所, <http://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kasen/>

<sup>1</sup>水位データやカメラ画像の更新は10分毎