

戦略的国際科学技術協力推進事業
国際緊急共同研究・調査支援プログラム（J-RAPID）

1. 研究・調査課題名：「大規模災害における IT インフラ復旧技術に関する調査・研究」
2. 研究・調査期間：平成 23 年 6 月～平成 25 年 3 月
3. 支援額： 総額 2,990,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	広瀬崇宏	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	研究員
研究者	中田秀基	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	主任研究員
研究者	高野了成	産業技術総合研究所 情報技術研究部門	研究員
研究者			
研究者			
研究者			
参加研究者 のべ			3 名

相手側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Mauricio Tsugawa	Advanced Computing and Information Systems (ACIS) lab, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Florida	Research Scientist
研究者	Renato Figueiredo	Advanced Computing and Information Systems (ACIS) lab, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Florida	Faculty
研究者	Jose Fortes	Advanced Computing and Information Systems (ACIS) lab, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Florida	Faculty
研究者			
研究者			
研究者			
参加研究者 のべ			3 名

5. 研究・調査の目的

本研究では、東日本大震災において生じたITインフラの被害状況を調査・分析し、分析データをもとに大規模災害時に耐えうるITサービス継続技術・復旧技術の研究を行う。具体的には、日本側は東北および関東地方の研究機関を訪問して実地調査を行い、地震に起因する計算機センタの物理的な被害やITサービスの運用停止状況を調査する。その結果を踏まえて、日米双方の研究者が 仮想化技術を用いたITインフラの遠隔待避・フェイルオーバー技術の可能性について研究する。地震発生直後の計算機サーバおよびネットワークの稼働状態をシミュレーションしながら、新たな災害対策技術の有効性を検証する。

6. 研究・調査の成果

6-1 研究・調査の成果

初年度前半において、日本側研究者らは、今回の震災において大きな揺れを経験した公的研究機関の計算機センタに対して、被災状況および地震発生後の IT サービスの運用状況について聞き取り調査を行った。プロジェクト採択直後から各種学術機関との調整を開始し、了解が得られた高エネルギー加速器研究機構、筑波大学、東北大学、岩手県立大学、産業技術総合研究所の計算機センタについて、順次現地を訪問し状況調査を行った。

我々の当初の予想に反して、いずれの研究機関においてもサーバ機器そのものに対する物理的な被害は極めて少なかったことがわかった。適切に耐震施工された建物内に、適切にサーバ機器が設置されている限りにおいては、物理的な衝撃によってサーバ機器が損壊することは極めて希であった。またいずれの研究機関においても、電力会社からの給電が途絶えたものの、UPS や自家発電装置等のバックアップ電源設備によって一定時間（数十分から数時間程度）電源を確保することが可能であった。ネットワーク到達性に関しては、研究機関を結ぶ基幹ネットワークで通信回線の損傷が一部あったものの、通信経路が冗長化されていたため到達性が維持されていた。基幹ネットワークと計算機センタを結ぶネットワーク機器に対して電力供給が維持されていた場合においては、その間外部とのネットワーク到達性が維持されていた。

つまり、今日の耐震技術・冗長化技術により、大規模な地震発生直後から物理的損壊によってサーバ機器が動作不可能になることは希有であり、むしろ数十分から数時間程度の動作猶予期間が存在するという新たな知見が得られた。

調査結果を踏まえて、災害に強い IT サービスを構築する手法について研究を進めた。地震発生直後の数十分から数時間程度の動作猶予期間を活用することで、従来手法よりも低コストで広く導入しやすい広域災害対策技術が構築できる可能性がある。

第一に、地震発生後の猶予時間内に、ネットワークを通じてサーバの実行状態を安全な遠隔地点に退避する手法として仮想計算機の移動技術に着目し、その適用可能性をネットワークのエミュレーション環境や実際の日米間のネットワークを用いて評価した。仮想計算機の移動技術は本来 LAN 環境を前提とした技術であるものの、広域環境への適用も基本的には可能であることがわかった。しかし、猶予時間が限定的であることを考えれば、退避時間の短縮が抜本的な課題であることも確認した。

第二に、フロリダ大学が中心となって、多数のサーバ群を遠隔拠点に移動する際にデータ転送を最適化し、限られた猶予時間内にできるだけ多くのサーバを被災拠点から救出する手法を研究した。サーバの実行状況やネットワークの状態に応じてフィードバック制御を行い、最も短時間にサーバ群全体を移動するとともに、個々のサーバの移動時間も同時に最小化する退避アルゴリズムを開発した。ネットワークのエミュレーション環境や実際の日米間のネットワークを用いて、震災発生直後の模擬的な状況を再現しその有効性を確認した。

第三に、産総研が中心となって、サーバ退避時のデータ転送量削減手法について研究を行った。個々のサーバの退避時間を短縮できれば、限られた猶予時間内にできるだけ多くのサーバを遠隔拠点に退避することにつながる。サーバの実行状態には重複する内容が含

まれていることから、それらの転送を省略することでデータ転送量を削減する手法を開発した。また平時から実行状態を部分的に待避先に保存しておくことで、退避時のデータ転送量を削減する手法も新たに開発した。ネットワークのエミュレーション環境や実際の日米間のネットワークを用いて、震災発生直後の模擬的な状況を再現しその有効性を確認した。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	Maurício Tsugawa, Renato Figueiredo, José Fortes (University of Florida), Takahiro Hirofuchi, Hidemoto Nakada, Ryousei Takano (AIST), On the Use of Virtualization Technologies to Support Uninterrupted IT Services, Proceedings of IEEE International Conference on Communications 2012, 6324-6328, 2012	共著
論文	広渕崇宏(産総研), マウリシオ・ツガワ(フロリダ大学), 中田秀基, 伊藤智, 関口智嗣(産総研), 仮想マシンの超広域ライブマイグレーションにむけたベストエフォート型状態同期機構の試作, 情報処理学会研究報告, 2012-OS-121, 1-8, 2012	共著
論文	Tae Seung Kang, Mauricio Tsugawa, José Fortes (University of Florida) and Takahiro Hirofuchi (AIST), Reducing the Migration Times of Multiple VMs on WANs using a Feedback Controller, Proceedings of the 18th IEEE Workshop on Dependable Parallel, Distributed and Network-Centric Systems, 2013	共著
論文	穂山空道(東大), 広渕崇宏, 高野了成(産総研), 本位田真一(東大), ページキャッシュの復元とその他のメモリ転送の並列動作による遠隔地ライブマイグレーション高速化, 情報処理学会研究報告, 2013-OS-124, 1-8, 2013	
論文	Soramichi Akiyama (University of Tokyo), Takahiro Hirofuchi, Ryousei Takano (AIST) and Shinichi Honiden (University of Tokyo), Fast and Low-Overhead Wide Area Live Migration by Restoring Page Cache from Disk Image, Proceedings of the 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, 2013	