creative commons

COMMONS DEED

저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000240270

2010년 8월
석사학위논문

지상 강우량과 오성산 레이더 반사도 자료의 관측 오차 비교

조 선 대 학 교 대 학 원

대 기 과 학 과

전 수 현

2010년 석사학위논문 지상 강우량과 오성산 레이더 반사도 자료의 관측오차 비교 전 수 현

지상 강우량과 오성산 레이더 반사도 자료의 관측 오차 비교 연구

On the Comparison of the Observational Error between Rain Gauge and Oseongsan Weather Radar Reflectivity

20010년 8월 25일

조 선 대 학 교 대 학 원

대 기 과 학 과

전 수 현

지상강우량과 오성산 레이더 반사도 자료의 관측 오차 비교 연구

지 도 교 수　　류 찬 수
공동지도교수　　이 종 호

이 논문을 이학석사학위신청 논문으로 제출함

2010년　4월

조 선 대 학 교　대 학 원

대 기 과 학 과

전 수 현

전수현의 석사학위 논문을 인준함

위원장	조선대학교	전문경력 교수	정 효 상 인
위 원	조선대학교	교 수	류 찬 수 인
위 원	기상전문인협회	이학박사	오 완 탁 인

2010년 5월

조 선 대 학 교 대 학 원

목 차

ABSTRACT v

제1장 서 론 1

제2장 자료 및 분석방법 2

제1절 강우사례 선정 기준과 사례 2

제2절 비교·분석 방법 20

제3장 사례분석 22

제1절 2007년 사례 22

제2절 2008년 사례 35

제3절 사례분석 결과 46

제4장 결론 47

참고문헌 48

List of Tables

Table 1. Spots of the ground observation around Oseongsan Radar ····· 3
Table 2. Precipitation amounts and the precipitation characteristics of cases in 2007 ····· 4
Table 3. Precipitation amounts and the precipitation characteristics of cases in 2008 ··· 13
Table 4. Radar reflectivity and RMSE of ground precipitation by cases in 2007 ····· 22
Table 5. RMSE by stations in 2007 ····· 24
Table 6. RMSE by radii in 2007 ····· 25
Table 7. Correlation by cases in 2007 ····· 29
Table 8. Correlation by stations in 2007 ····· 31
Table 9. RMSE and Correlation by stations in 2007 ····· 32
Table 10. RMSE by radii in 2008 ····· 35
Table 11. RMSE by stations in 2008 ····· 38
Table 12. Correlation by cases in 2008 ····· 42
Table 13. Correlation by stations in 2008 ····· 43
Table 14. RMSE and Correlation by stations in 2008 ····· 45

List of Figures

Fig. 1. Distribution of AWS(▲) and Oseongsan Radar(■) ····· 3
Fig. 2. Surface weather chart and Radar image on 23 Jun. 2007(Case 1) ····· 5
Fig. 3. Surface weather chart and Radar image on 1 Jul. 2007(Case 2) ····· 6
Fig. 4. Surface weather chart and Radar image on 19 Jul. 2007(Case 3) ····· 7
Fig. 5. Surface weather chart and Radar image on 5 Aug. 2007(Case 4) ····· 8
Fig. 6. Surface weather chart and Radar image on 1 Sep. 2007(Case 5) ····· 9
Fig. 7. Surface weather chart and Radar image on 5 Sep. 2007(Case 6) ····· 10
Fig. 8. Surface weather chart and Radar image on 15 Sep. 2007(Case 7) ····· 11
Fig. 9. Surface weather chart and Radar image on 16 Sep. 2007(Case 8) ····· 12
Fig. 10. Surface weather chart and Radar image on 18 Jun. 2008(Case 1) ····· 14
Fig. 11. Surface weather chart and Radar image on 28 Jun. 2008(Case 2) ····· 15
Fig. 12. Surface weather chart and Radar image on 19 Jul. 2008(Case 3) ····· 16
Fig. 13. Surface weather chart and Radar image on 25 Jul. 2008(Case 4) ····· 17
Fig. 14. Surface weather chart and Radar image on 16 Aug. 2008(Case 5) ····· 18
Fig. 15. Surface weather chart and Radar image on 22 Aug. 2008(Case 6) ····· 19
Fig. 16. RMSE by cases in 2007 ····· 23
Fig. 17. RMSE by stations in 2007 ····· 24
Fig. 18. RMSE by radii in 2007 ····· 25
Fig. 19. Radar reflectivity and Observed value of AWS by stations of Case 5 on 1 Sep. 2007 ····· 26
Fig. 20. Radar reflectivity and Observed value of AWS by stations of Case 6 from 4 Sep. 2007 to 6 Sep. 2007 ····· 27
Fig. 21. Correlation by cases in 2007 ····· 28
Fig. 22. Correlation by stations of Case 7 from 14 Sep. 2007 to 15 Sep. 2007 ····· 28
Fig. 23. Correlation by stations of Case 1 from 23 Jun. 2007 to 24 Jun. 2007 ····· 29
Fig. 24. Correlation by stations in 2007 ····· 30

Fig. 25. Correlation by radii in 2007 ····· 31
Fig. 26. RMSE and Correlation at the time of the Maximum precipitation by stations in 2007 ····· 32
Fig. 27. Radar reflectivity and Observed value of AWS at the points of the Maximum precipitation by cases in 2007 ····· 34
Fig. 28. RMSE by cases in 2008 ····· 36
Fig. 29. Radar reflectivity and Observed value of AWS within a 100km radius of Case 3 on 19 Jul. 2008 ····· 36
Fig. 30. Radar reflectivity and Observed value of AWS within a 100km radius of Case 2 on 28 Jun. 2008 ····· 37
Fig. 31. RMSE by stations in 2008 ····· 38
Fig. 32. RMSE by radii in 2008 ····· 39
Fig. 33. Correlation by cases in 2008 ····· 40
Fig. 34. Correlation by stations of Case 2 on 28 Jun. 2008 ····· 41
Fig. 35. Correlation by stations of Case 5 on 16 Aug. 2008 ····· 42
Fig. 36. Correlation by stations in 2008 ····· 43
Fig. 37. Correlation by radii in 2008 ····· 44
Fig. 38. RMSE and Correlation at the time of the Maximum precipitation by stations in 2008 ····· 44
Fig. 39. Radar reflectivity and Observed value of AWS at the points of the Maximum precipitation by cases in 2008 ····· 45

ABSTRACT

On the Comparison of the Observational Error between Rain Gauge and Oseongsan Weather Radar Reflectivity

Jeon, Su Hyeon
Advisor : Prof. Ryu, Chan-Su Ph.D.
Department of Atmosphere Science,
Graduate School of Chosun University

This material Oseongsan radar in May 2007 that since replaced by the S-band precipitation in December 2008 by Type, Distance, automatic weather observation system by Condition (Automatic Weather System: AWS) radar observations of rainfall and with comparison of the data. analysis found several errors on the quantitative assessment of rainfall intensity and spatial high-resolution weather forecasts and radar using a short period of time to take advantage of research was to compare the accuracy of weather radar, complemented by validation and risk In case the weather more accurately estimate rainfall intensity observations to find a better and long-term radar observations of rain gauges and ground verification data. Infrastructure for research in the radar images that can evoke a variety of precipitation to reduce errors were analyzed using the methods. In this study, Ohseongsan ground radar and rain gauges look at the cause of the error, without considering precipitation pattern uniform application of ZR relations in radar rainfall at convective precipitation that will cause the under-estimation, RADAR-AWS between the error rate proportional to the intensity of rainfall and the intensity of the reflected CAPPI 1.5km, the observed higher or lower than a height

where you can receive a strong reflection of radar and data processing of radar and AWS the time lag from etc., want to find out the nature of the error was different.

제1장 서 론

RADAR(Radio Detection And Ranging)는 매우 짧은 시간에 임의의 물체에 날카로운 지향성 안테나를 통하여 전자파를 발사하면 그 물체로부터 미약한 반사파가 생기는데, 이때 그 반사파를 수신하면 발사시각으로부터 시간차를 알게 되므로 표적까지의 거리를 정확히 측정할 수 있다.

기상레이더는 목표물의 대상이 수적이나 우립자일 경우를 말하며, 주로 X-band (파장이 3㎝대), C-band(파장이 5㎝대), S-band(파장이 10㎝대)의 마이크로파를 사용한다.

일반적으로 파장이 짧을수록 강수에 의한 감쇠가 크고, 넓은 영역을 관측 할 수가 없기 때문에 X-band 레이더는 연구용으로 사용하고, 현업용 레이더는 주로 C-band와 S-band의 레이더를 사용하고 있다.

지상우량계와 레이더 반사도의 비교에서 나타나는 오차는 실질적으로 레이더 반사도의 정확도와 비례하며, 레이더의 정확도가 떨어지는 궁극적 원인은 레이더 전자파의 감쇠라 볼 수 있다. 예를 들어 이종호·류찬수(2009)에 의하면 레이더전자파의 감쇠는 레이더 빔이 대기중을 진행함에 따라 에너지가 강수입자, 구름입자, 먼지, 연기 등과 상호작용할 때 에너지의 손실이 일어나는 대기에 의한 감쇠, 강수에 의한 감쇠, 레이더 돔에 의한 감쇠 등이 있다고 볼 수 있다.

기상레이더의 강우강도 추정은 공기 중의 강우입자에 의한 반사도 인자(Z)와 강우강도(R)와의 관계식인 Z-R식을 이용하고 있다. 이 Z-R식이 강수 시스템의 강우강도를 결정하는 만큼 다양한 연구가 진행되어 오고 있다.

본 연구에서는 2007년 5월 오성산레이더가 S-band로 교체되면서부터 2008년 12월까지 강수를 형태별, 거리별, 조건별로 자동기상관측장비(Automatic Weather System, AWS)로 측정한 강수량과 레이더 관측 자료와의 자료를 비교·분석하여 여러 가지 오차를 찾아 정량적인 강우강도를 평가하고, 공간적으로 높은 분해능의 기상레이더를 이용하여 단시간 예보와 연구에 활용하고자 하였다.

제2장 자료 및 분석방법

제1절 강우사례 선정 기준과 사례

본 연구에서는 기상레이더의 정확도를 비교 검증을 통하여 보완하고, 위험기상 발생 시 강우강도를 보다 정확히 추정하여 향상된 관측값을 찾고자 하였으며, 장기적으로는 레이더의 관측 자료와 지상우량계 자료를 검증·연구를 위한 기반 구축하여 레이더 영상에서 불러 올 수 있는 강수의 오차를 줄이고자 다양한 방법으로 분석 조사하였다.

기상레이더는 한 지점에서 반경 약 240㎞ 이내의 모든 영역에 대한 탐지가 가능하며, 1㎞ 내외의 비교적 조밀한 공간 해상도를 가지면서 단 시간 주기로 실시간의 기상관측 자료를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있어, 한반도 내의 대기 상태 파악과 국지영역 기상분석을 위해서 필수적인 관측 장비이다.

위험기상이 예상될 때 기상레이더를 활용한 강수예보는 다가오는 강수시스템의 에코로 강우강도를 예상 할 수 있으며, 이때 사용되는 기상레이더의 강우강도 추정은 공기 중의 강우입자에 의한 반사도인자(Z)와 강우강도(R)와의 관계식인 Z-R관계식을 이용하고 있다.

기상청이 운영하고 있는 기상레이더는 장비의 제원 및 제조사가 동일하지 않으나, 기상레이더의 관측자료를 동일한 포맷(universal format)으로 변환, 합성하여 강수에코를 표출 사용하고 있다. 기상레이더의 강우강도는 기상레이더방정식와 Z-R 관계식에 의해 산출되는데, 이때의 반사도 인자 Z는 장비의 제원 및 특성에 따라 다소 차이가 발생할 수 있다.

강우사례 선정 기준은 선정된 지상우량계 16개 지점에서 강수현상이 있으며, 일강수량 30㎜이상인 지점이 1/2이상인 날을 기준으로 2007년 8개 사례와 2008년 6개 사례를 선정하였다.

비교지점의 선정기준은 레이더의 관측반경별 유효고도가 다른 점을 감안하여 50㎞, 100㎞, 150㎞, 200㎞ 등 반경별 지상우량계 지점을 선정하고, 각 사례별 최다 강수량을 기록한 지점을 선정 하였으며, 반경별 지점은 Fig. 1과 같다.

지상의 강수량과 레이더 관측 자료와의 자료를 비교·분석하여 여러 가지 오차를 찾아 정량적인 강우강도의 분석을 통하여 반사도 값의 최근 자료를 이용하여

레이더 반사도와 지상우량계의 오차분석으로 공간적으로 높은 분해능의 기상레이더를 이용하여 단시간 예보에 실질 활용하고자 하였으며, 지상일기도와 기상레이더의 정확도를 비교 검증을 통하여 보완하고 위험기상 발생 시 강우강도를 보다 정확히 추정하여 향상된 자료를 구하고자 하였다.

오성산 기상레이더를 중심으로 반경 50㎞의 기상관측소는 전주, 부여, 부안, 정읍을, 100㎞ 반경에는 청주, 대전, 보은, 천안을, 150㎞ 반경에는 수원, 상주, 목포, 문경을, 200㎞ 반경에는 원주와 완도, 진도, 영주를 중요 지점으로 선정 하였다(Table 참조).

Table 1. Spots of the ground observation around Oseongsan Radar

Radius	Stations
50㎞	Jeonju, Buyeo, Buan, Jeongeup.
100㎞	Cheongju, Daejeon, Boeun, Cheonan.
150㎞	Suwon, Sangju, Mokpo, Mungyeong.
200㎞	Wonju, An-dong, Jindo, Yeongju

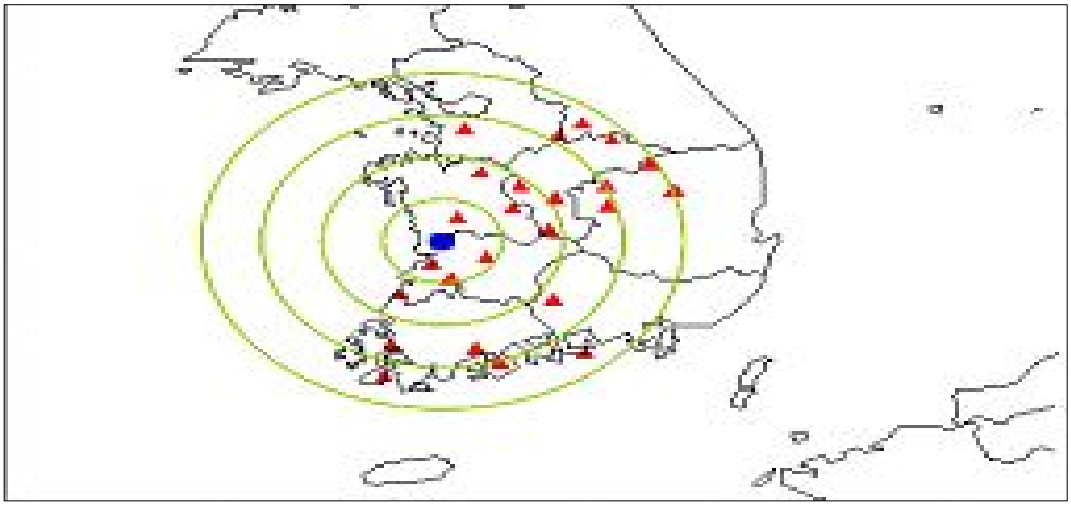
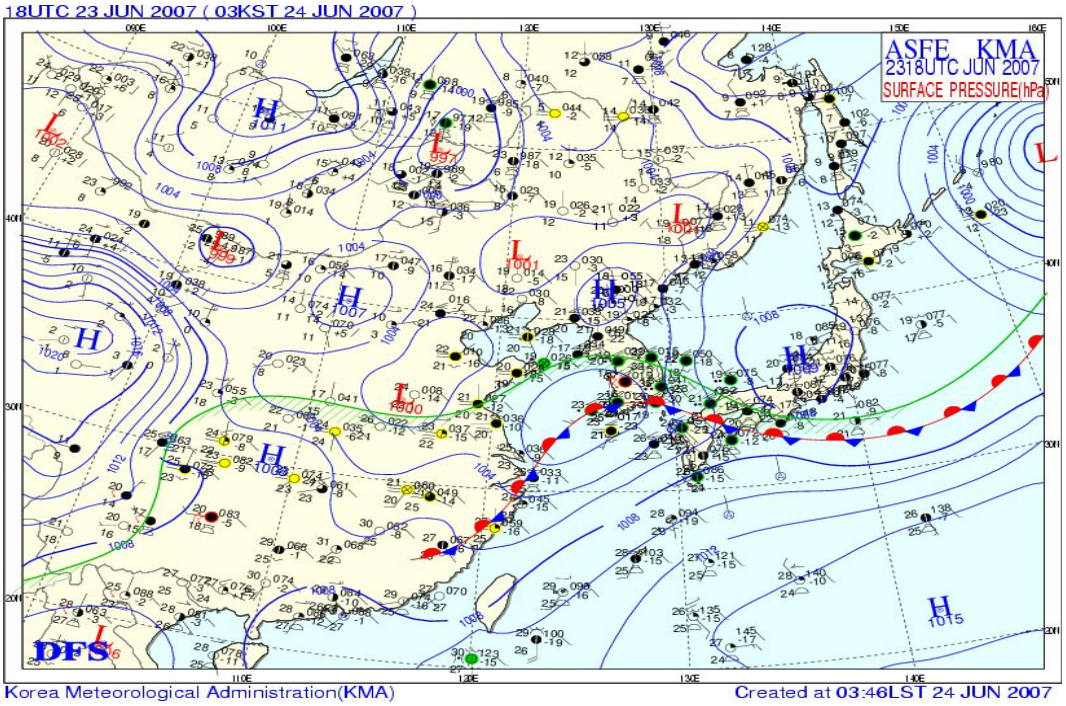


Fig. 1. Distribution of AWS(▲) and Oseongsan Radar(■).

Table 2. Precipitation amounts and the precipitation characteristics of cases in 2007

Section	Date	Number of days with precipitation	Station	Greatest of days with precipitation (㎜)	Greatest of hourly with precipitation (㎜)	Greatest of 10minutes with precipitation (㎜)	Precipitation occurs factors
Case1	6.23 ~24	2	An-dong	55.5	15	5	Changma front
Case1	7.1	1	Buyeo	95.5	32	9.5	Changma front
Case3	7.19	1	Suwon	82.0	32	12	Low-pressure
Case4	8.4 ~5	2	Cheonan	144.5	45.5	13	Edge of high pressure instability
Case5	9.1	1	Jeongeup	162.5	26	6.5	Low-pressure
Case6	9.4 ~6	3	Mokpo	111.5	17	7	Low pressure+Weak convergence zone front of Typhoon
Case7	9.14 ~15	2	Buyeo	98	33.5	9	Low pressure (cold front) + convergence zone of Typhoon
Case8	9.16	1	Jindo	126.5	29	6.5	Invasion of Typhoon



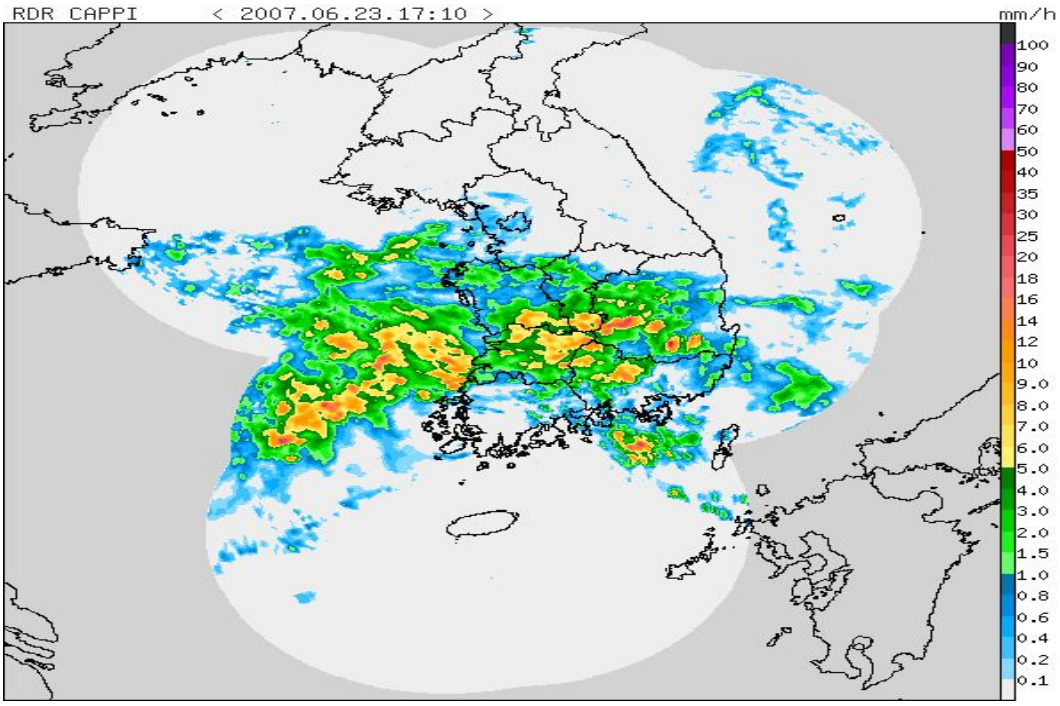
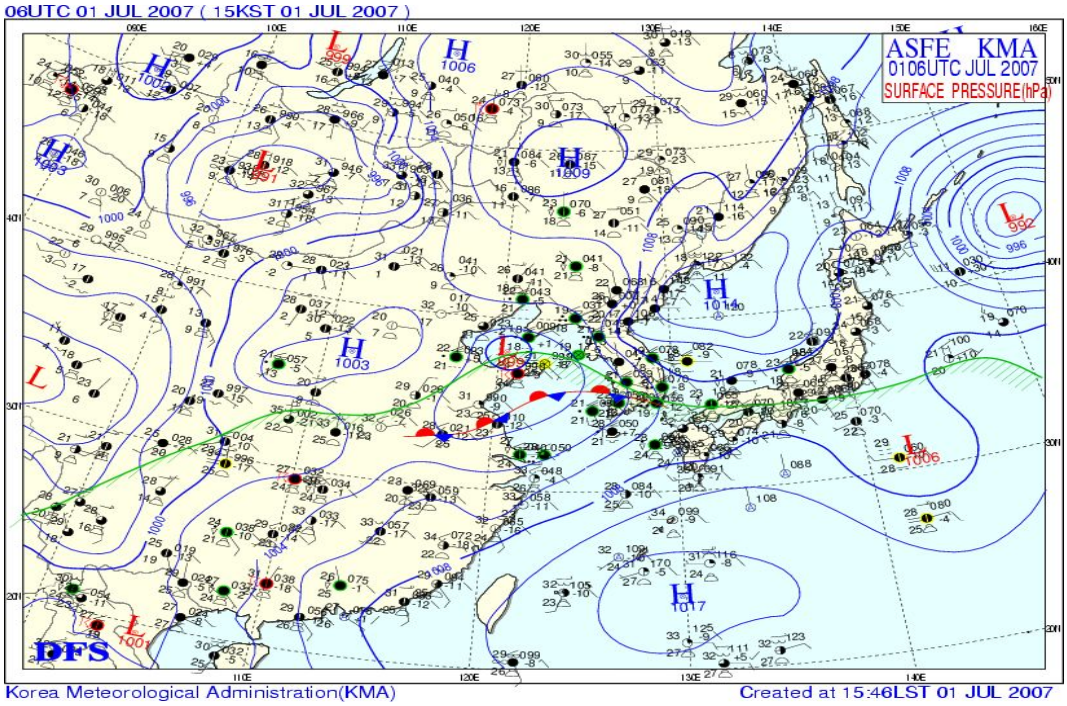


Fig. 2. Surface weather chart and Radar image on 23 Jun. 2007(Case 1).



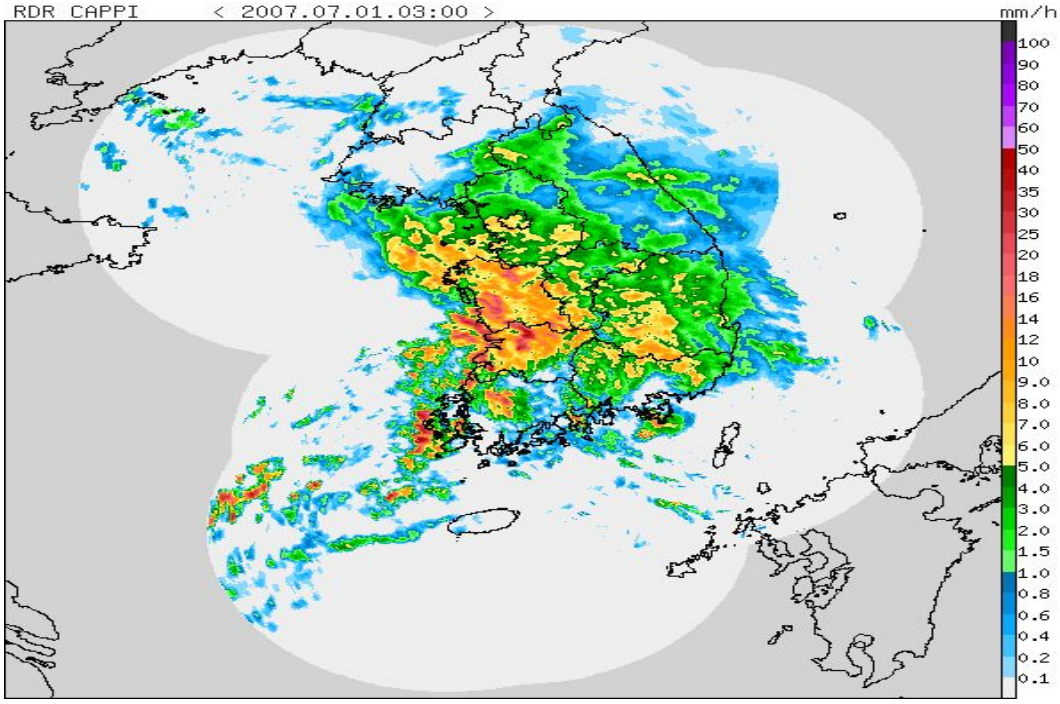
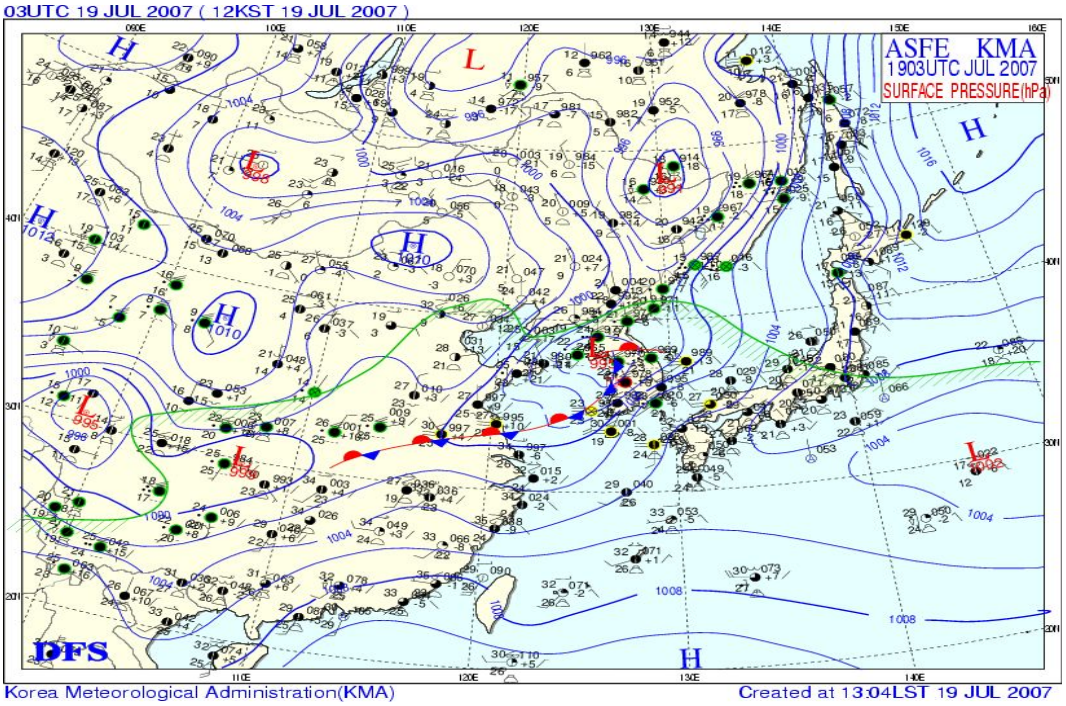


Fig. 3. Surface weather chart and Radar image on 1 Jul. 2007(Case 2).



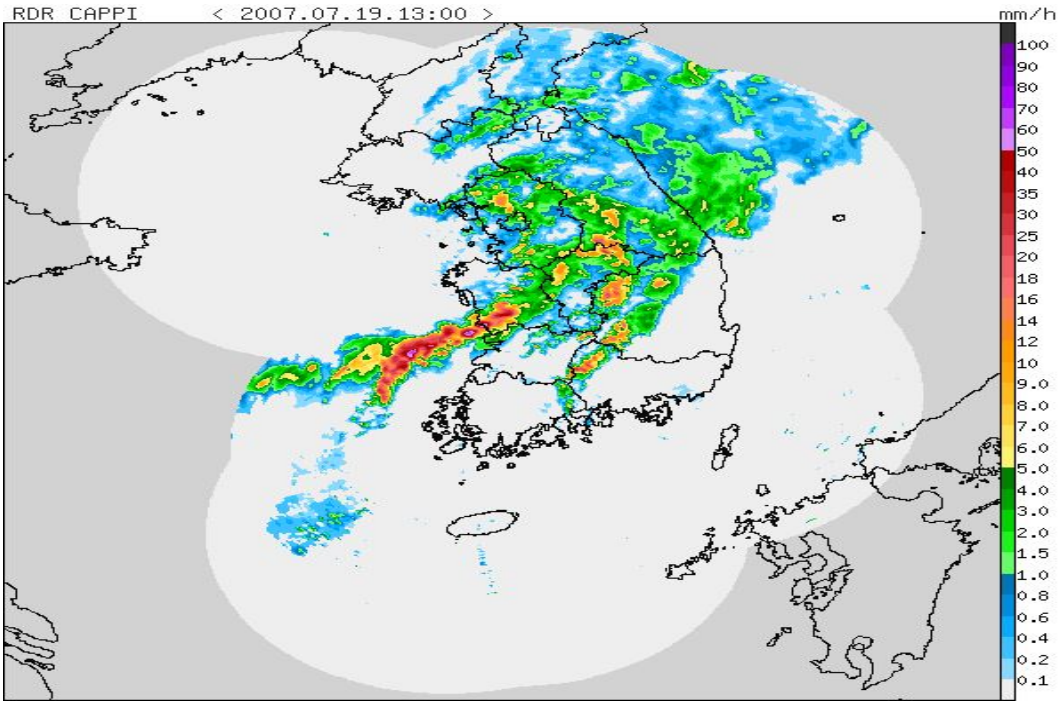
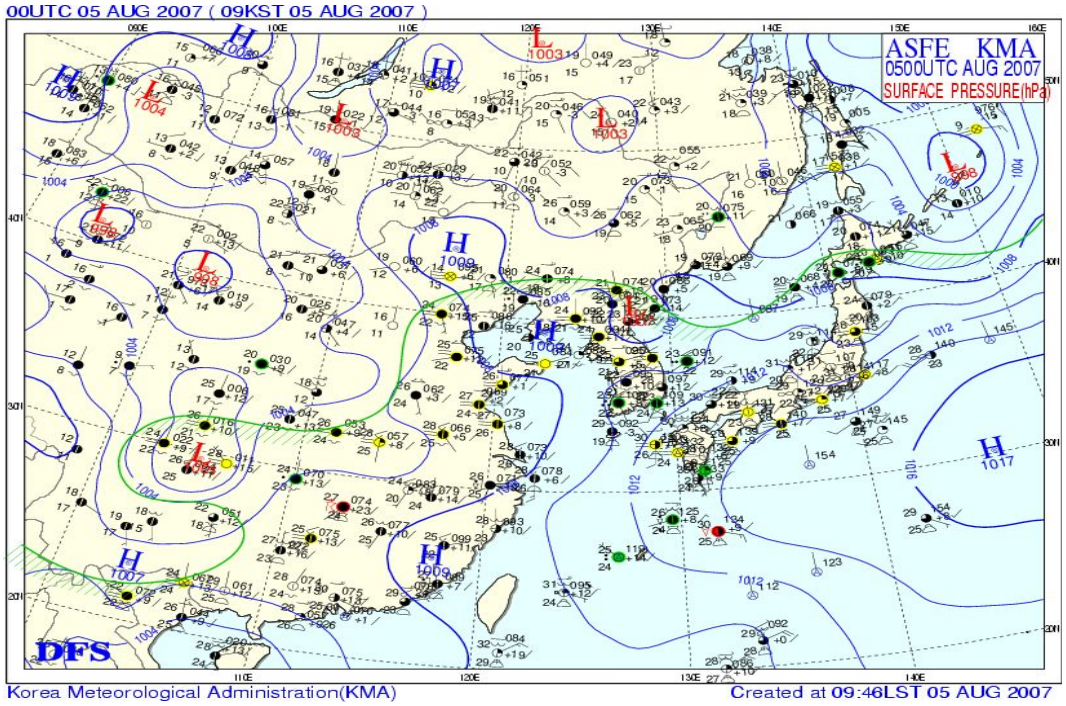


Fig. 4. Surface weather chart and Radar image on 19 Jul. 2007(Case 3).



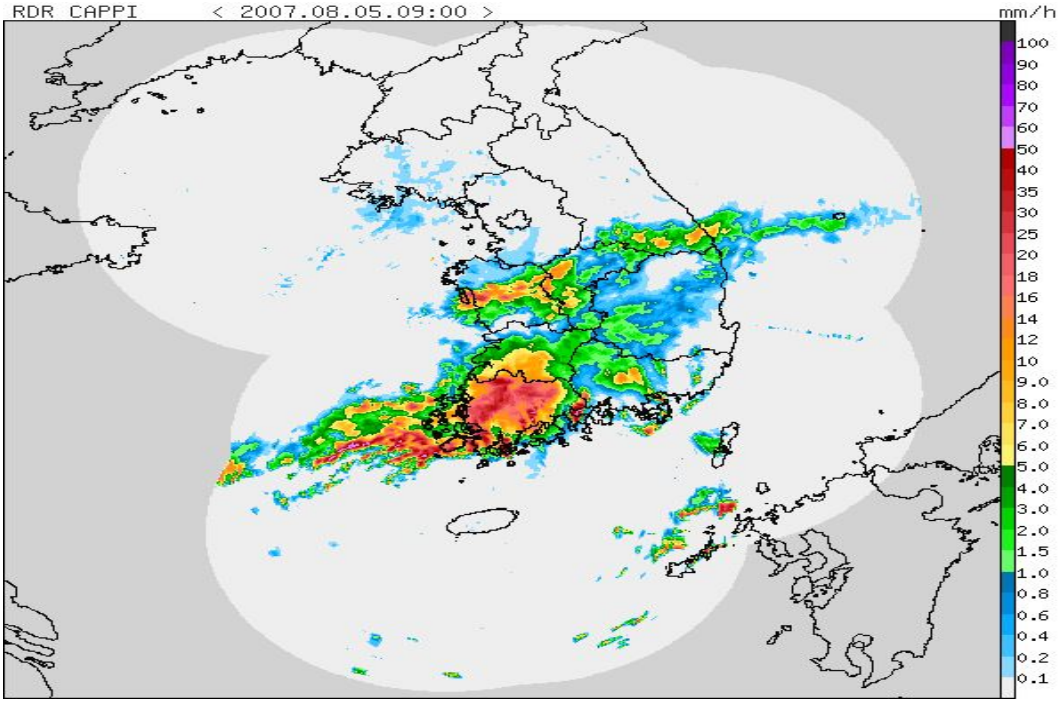
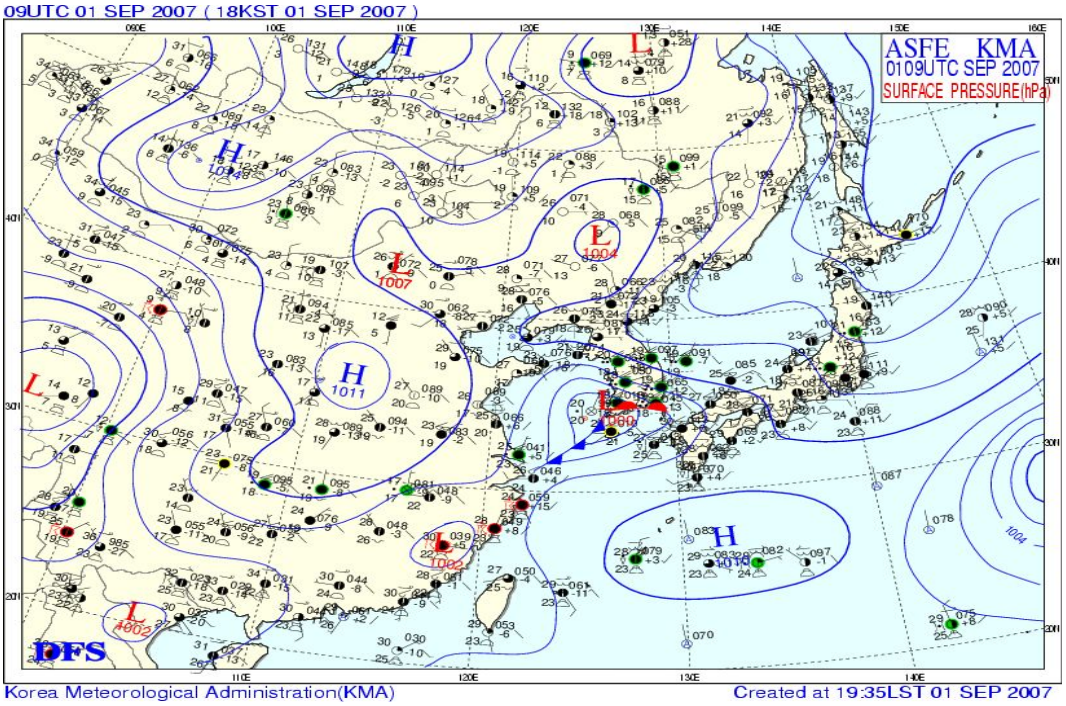


Fig. 5. Surface weather chart and Radar image on 5 Aug. 2007(Case 4).



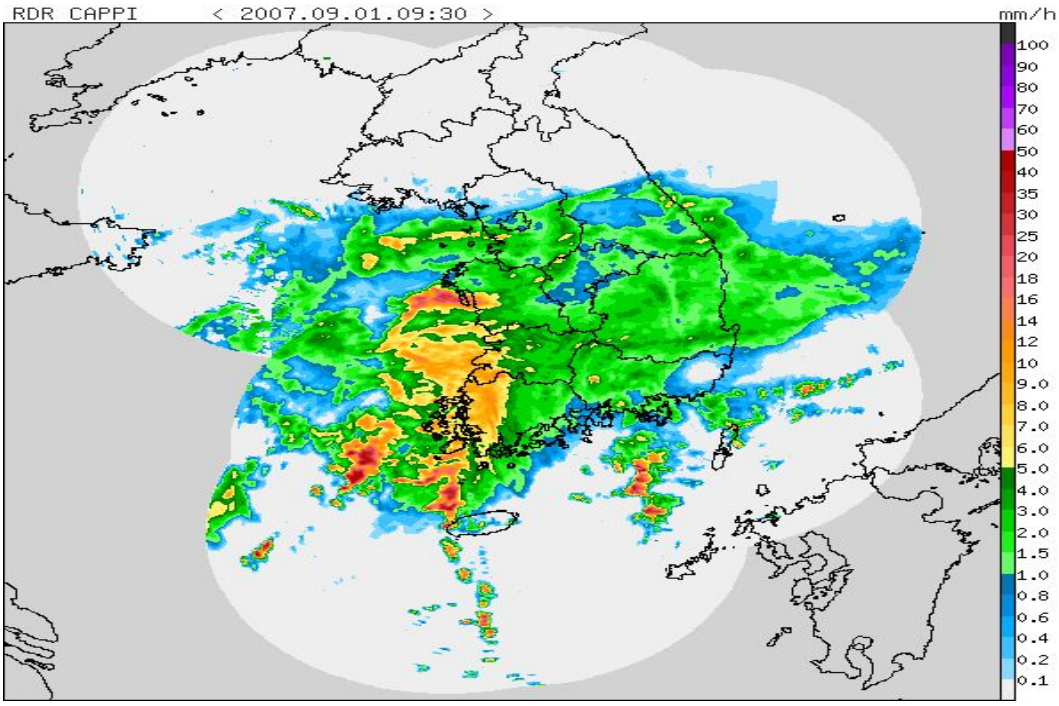
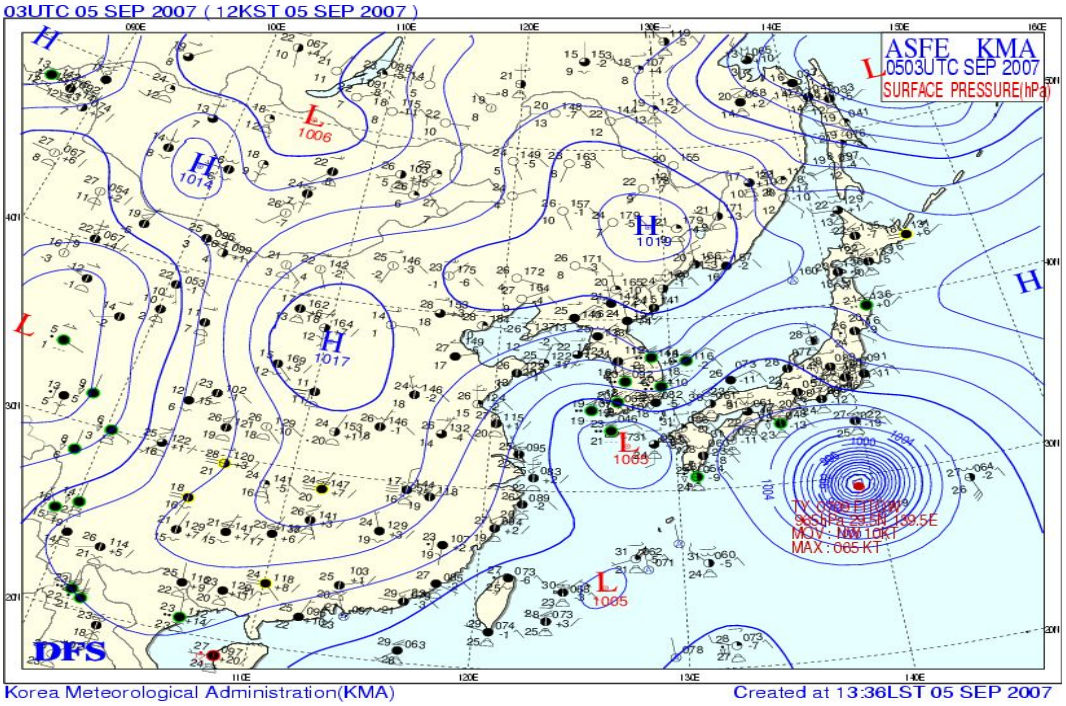


Fig. 6. Surface weather chart and Radar image on 1 Sep. 2007(Case 5).



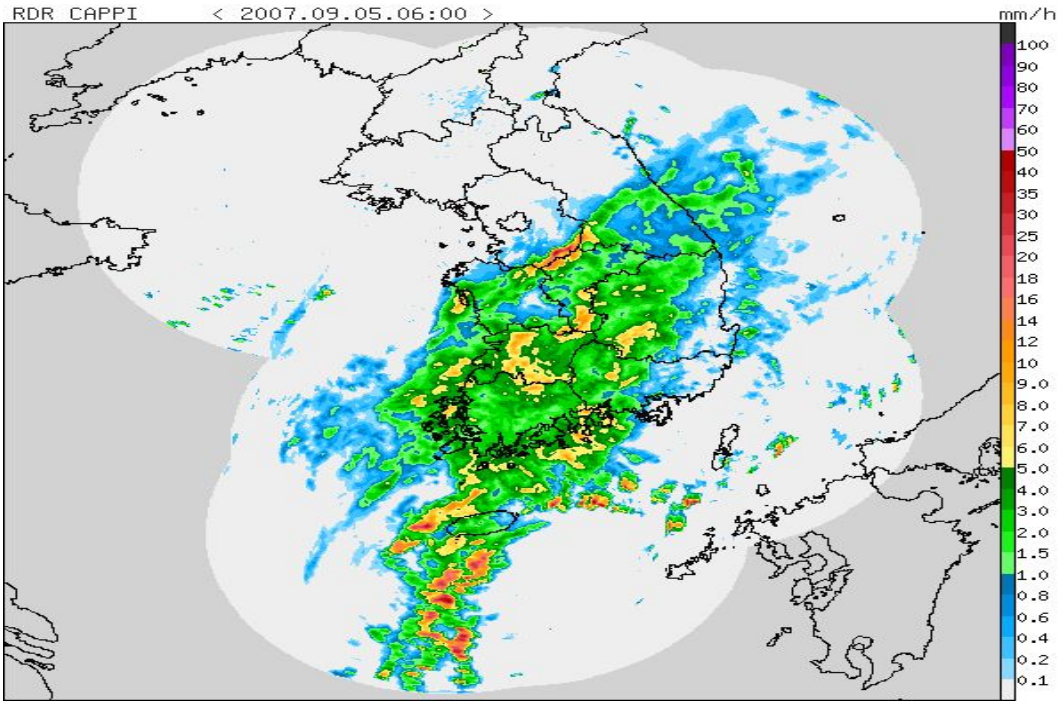
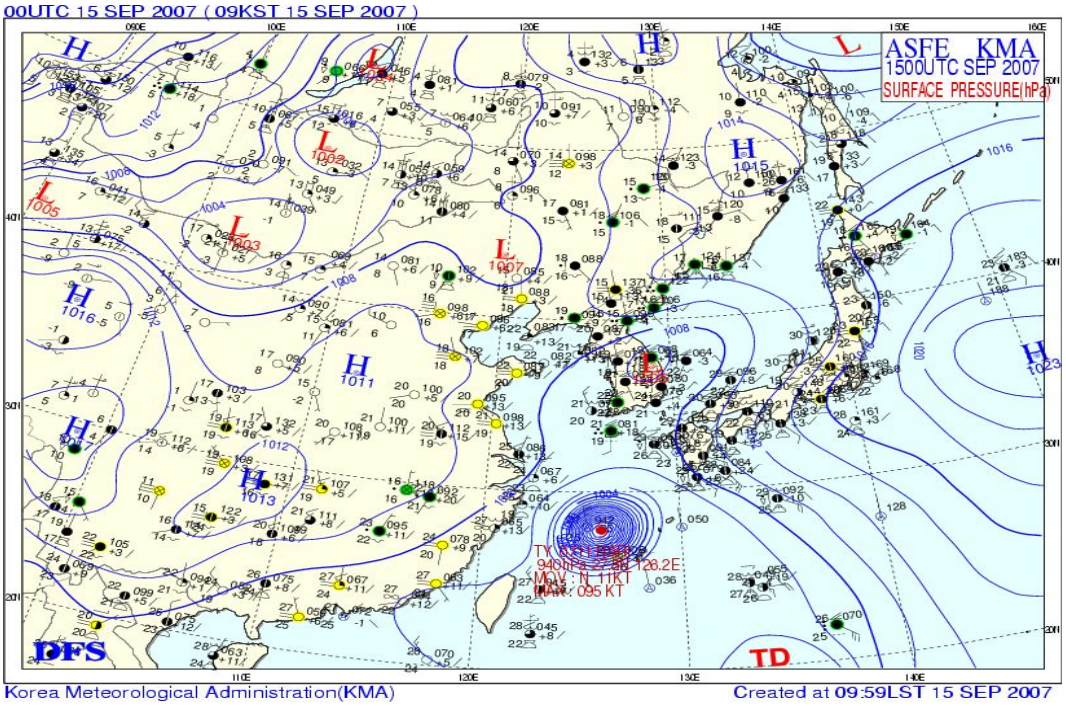


Fig. 7. Surface weather chart and Radar image on 5 Sep. 2007(Case 6).



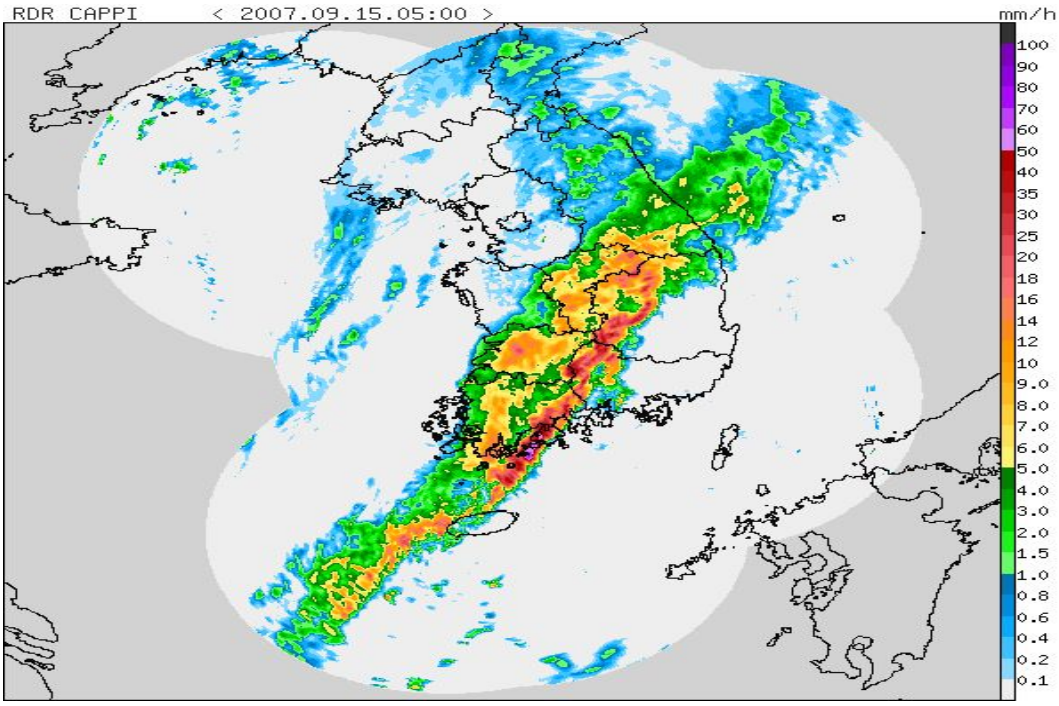
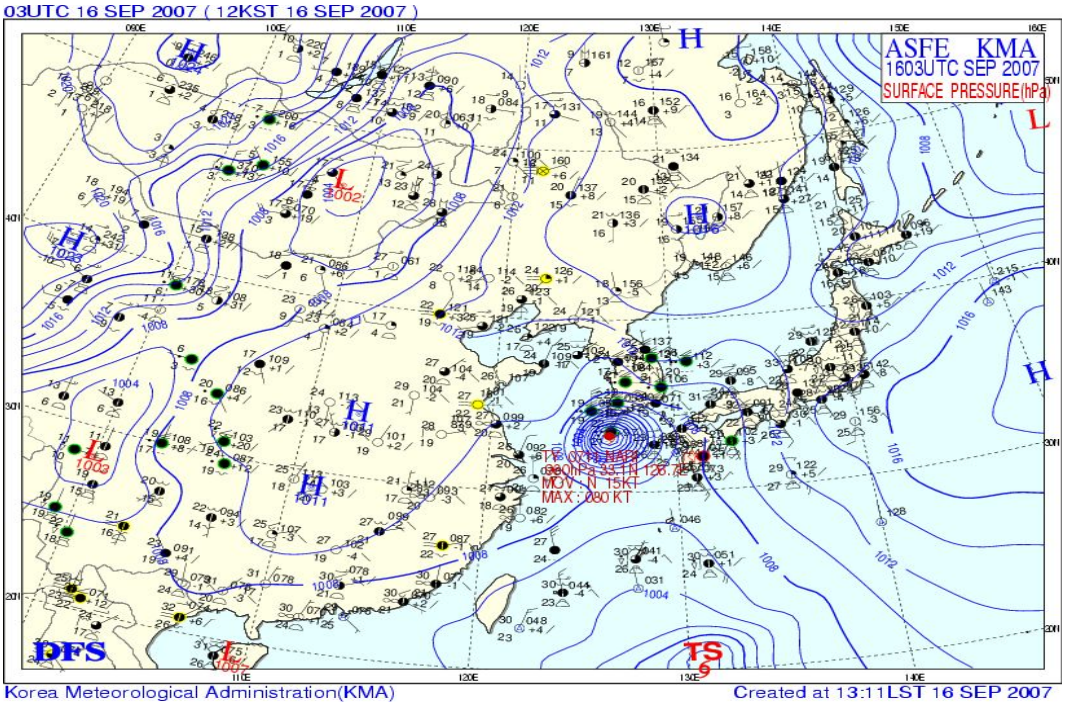


Fig. 8. Surface weather chart and Radar image on 15 Sep. 2007(Case 7).



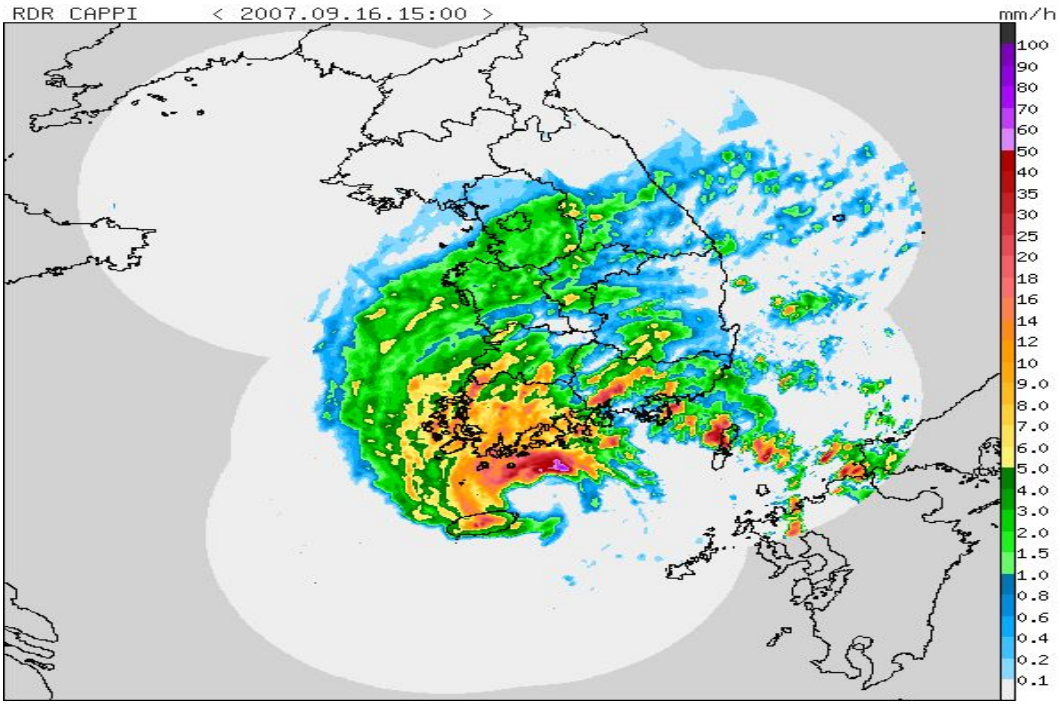


Fig. 9. Surface weather chart and Radar image on 16 Sep. 2007(Case 8).

Table 3. Precipitation amounts and the precipitation characteristics of cases in 2008

Section	Date	Number of days with precipitation	Station	Greatest of days with precipitation (㎜)	Greatest of hourly with precipitation (㎜)	Greatest of 10minutes with precipitation (㎜)	Precipitation occurs factors
Case1	6.18	1	Jeonju	85.0	23.0	6.5	Changma front
Case2	6.28	1	Jindo	86.0	15.0	4	Changma front
Case3	7.19	1	Cheongju	198.0	52.5	13.5	Typhoon +Changma front
Case4	7.25	1	Yeongju	120.5	36	8.5	Changma front
Case5	8.16	1	Buan	116.0	78.5	16.5	Trough effect
Case6	8.22	1	Jindo	71.5	57	38	Low pressure passing

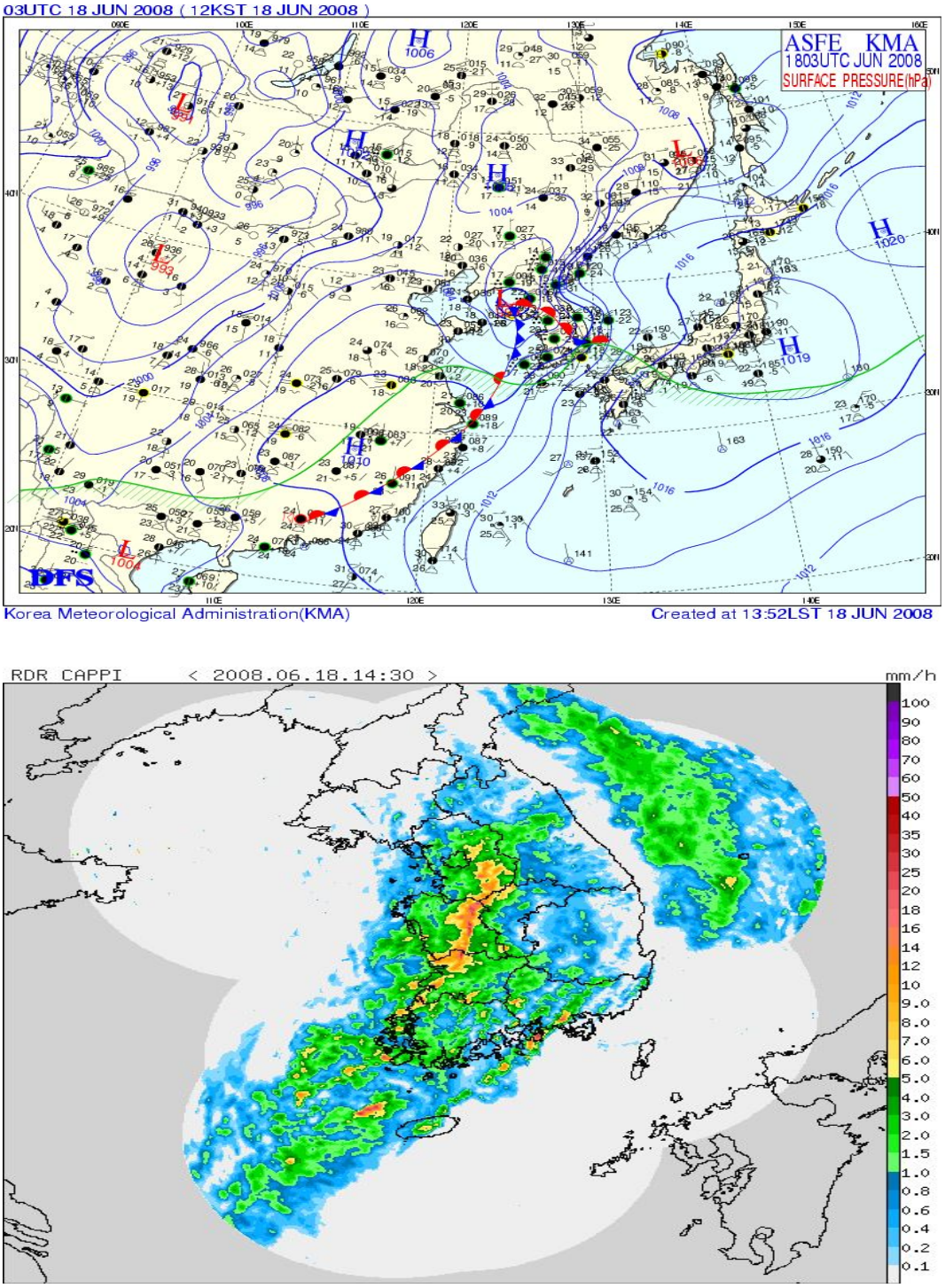
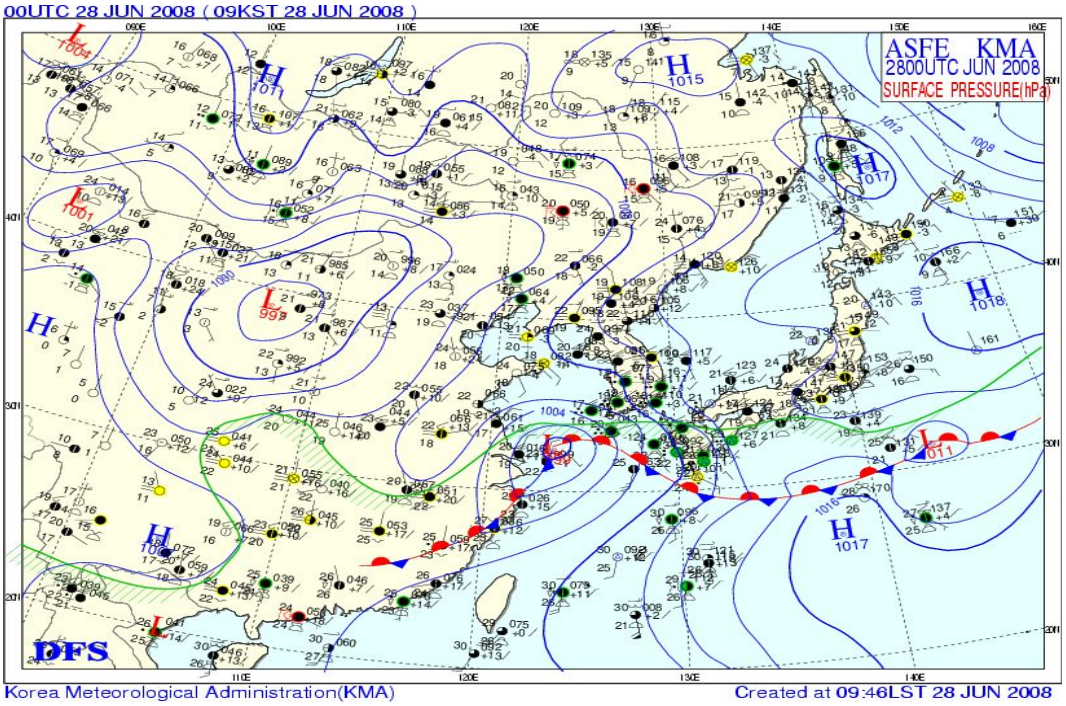


Fig. 10. Surface weather chart and Radar image on 18 Jun. 2008(Case 1).



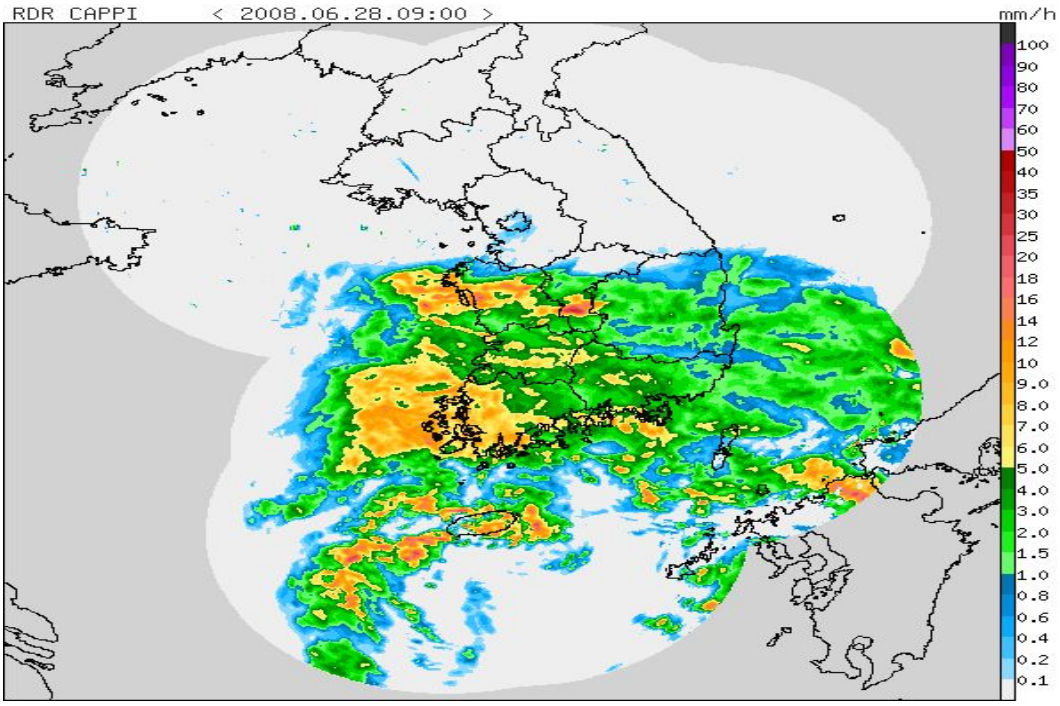
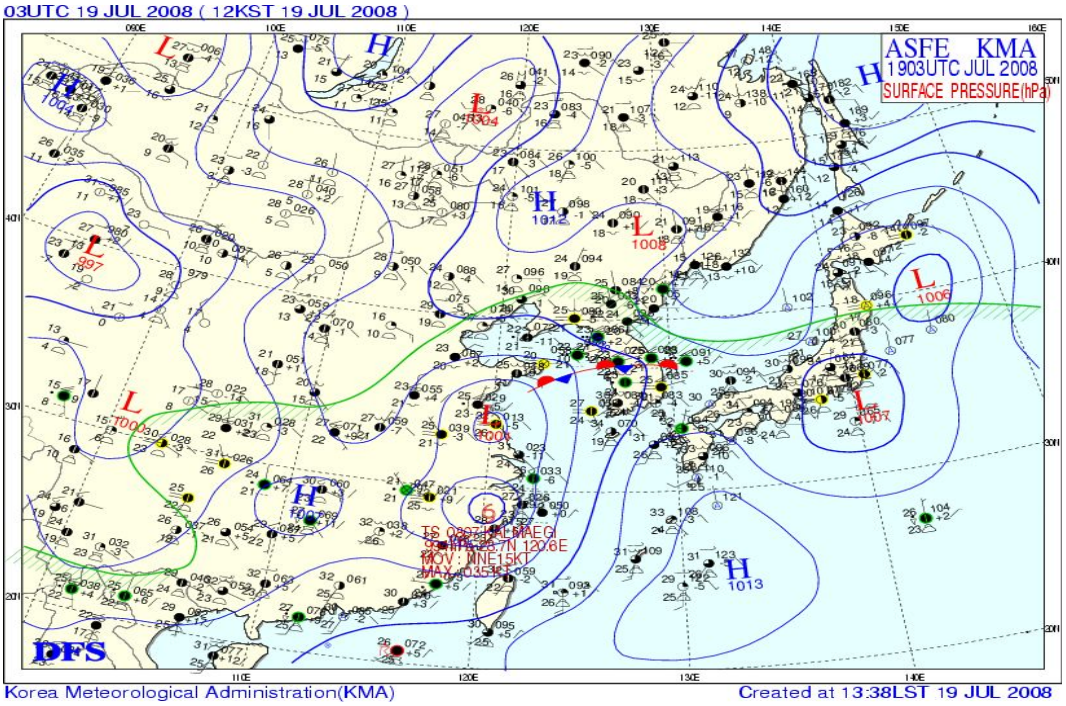


Fig. 11. Surface weather chart and Radar image on 28 Jun. 2008(Case 2).



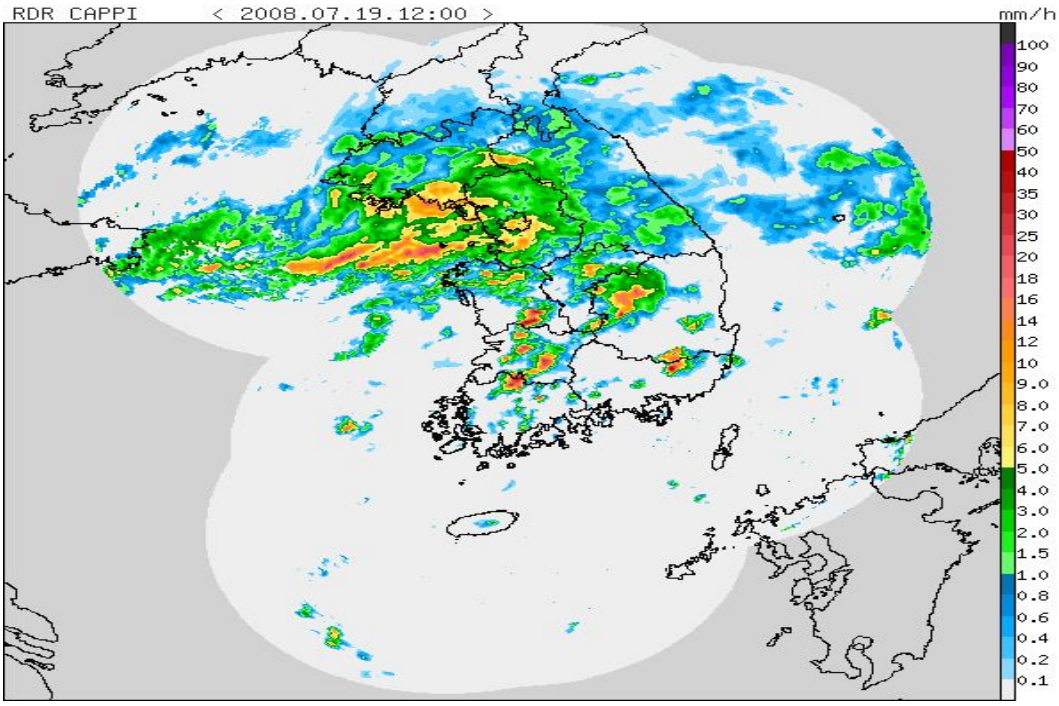
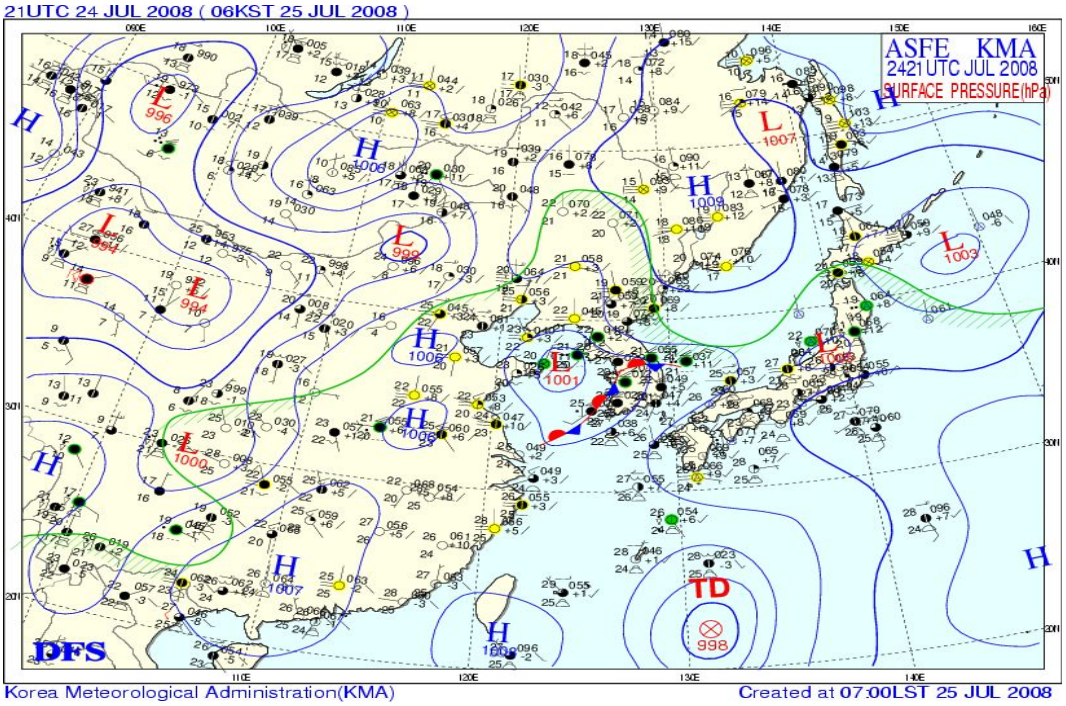


Fig. 12. Surface weather chart and Radar image on 19 Jul. 2008(Case 3).



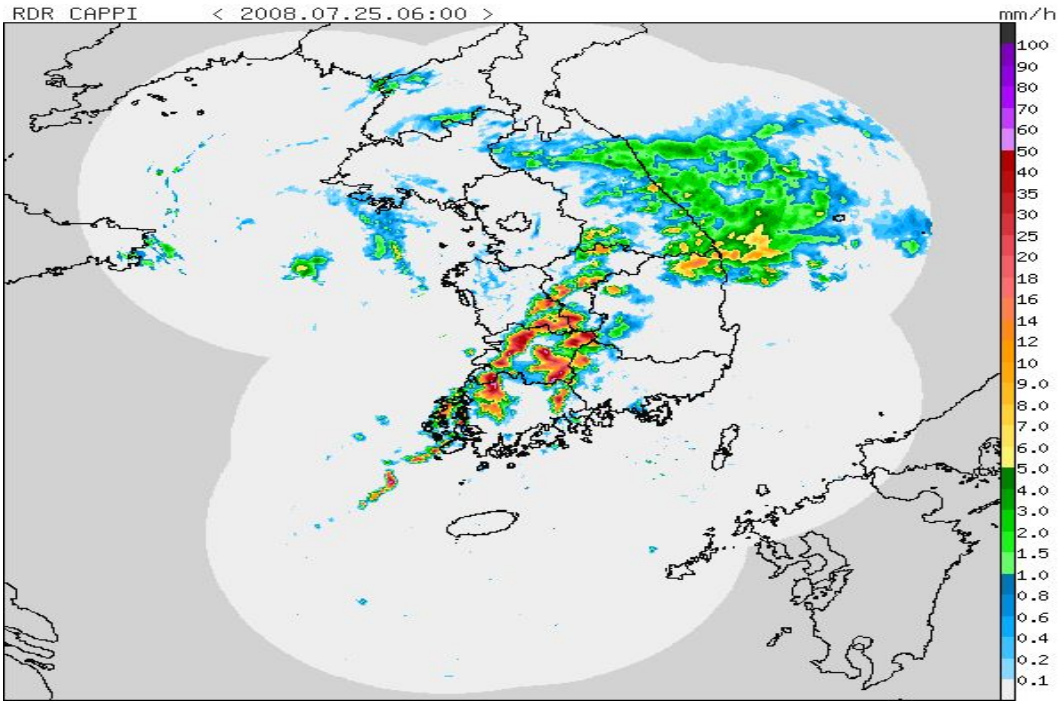
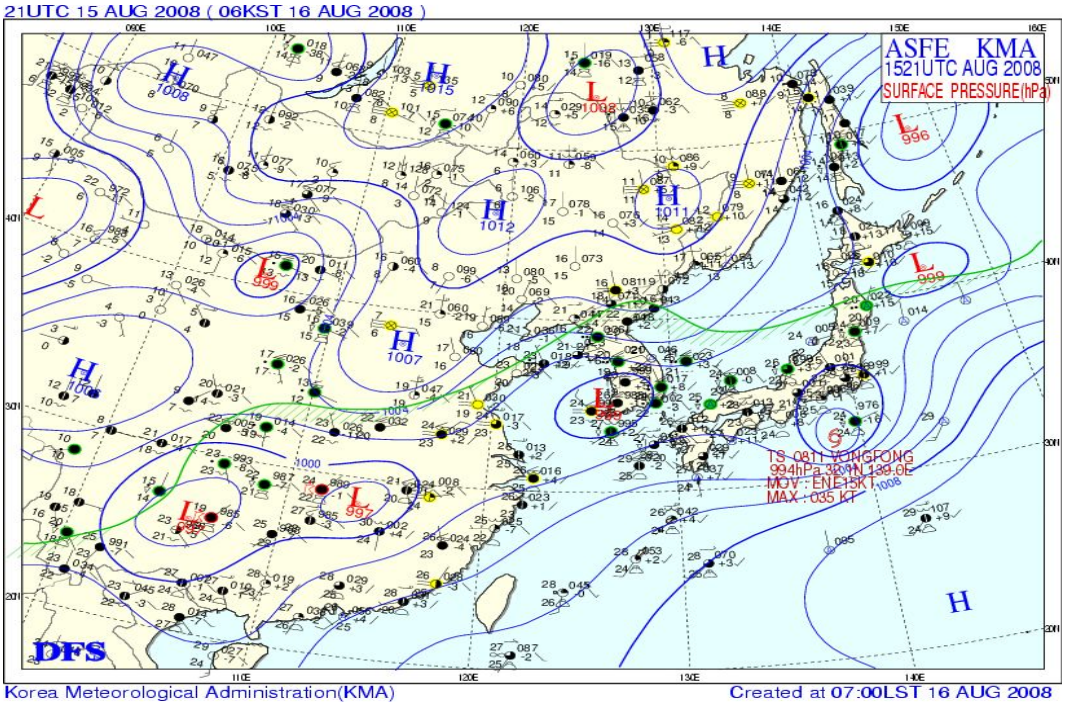


Fig. 13. Surface weather chart and Radar image on 25 Jul. 2008(Case 4).



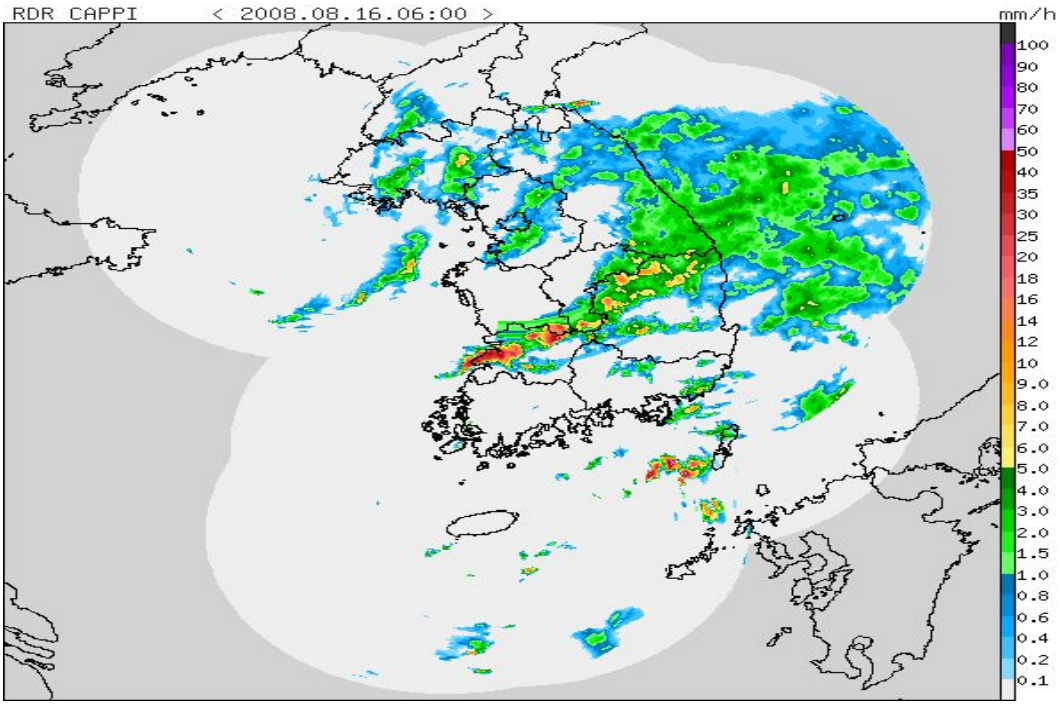
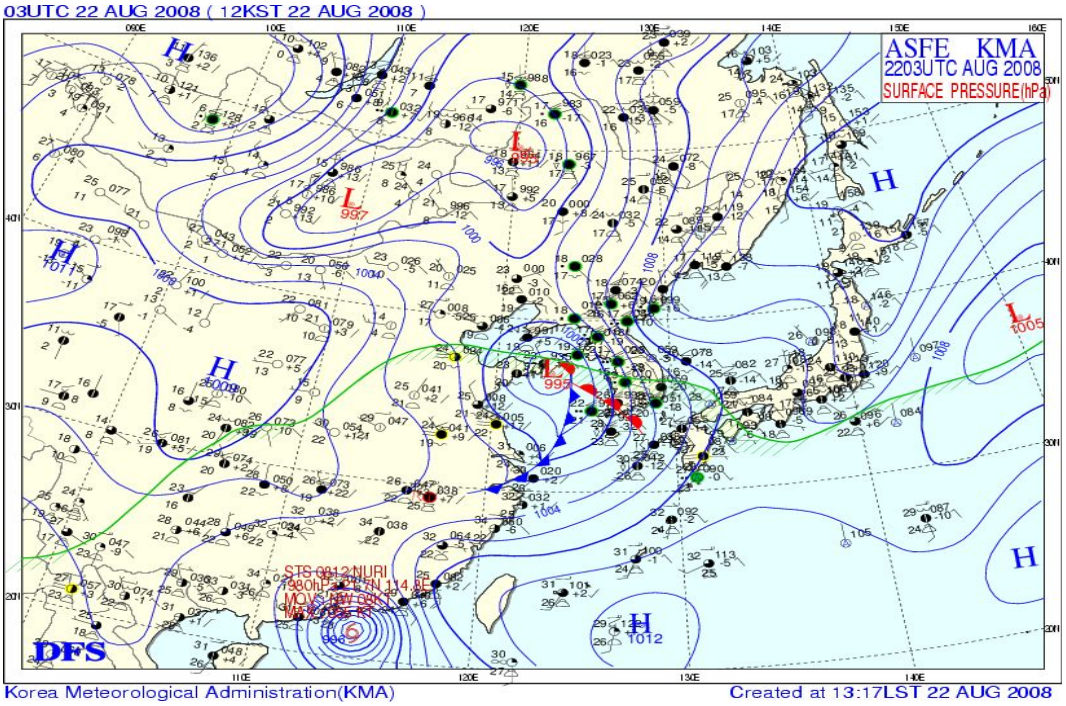


Fig. 14. Surface weather chart and Radar image on 16 Aug. 2008(Case 5).



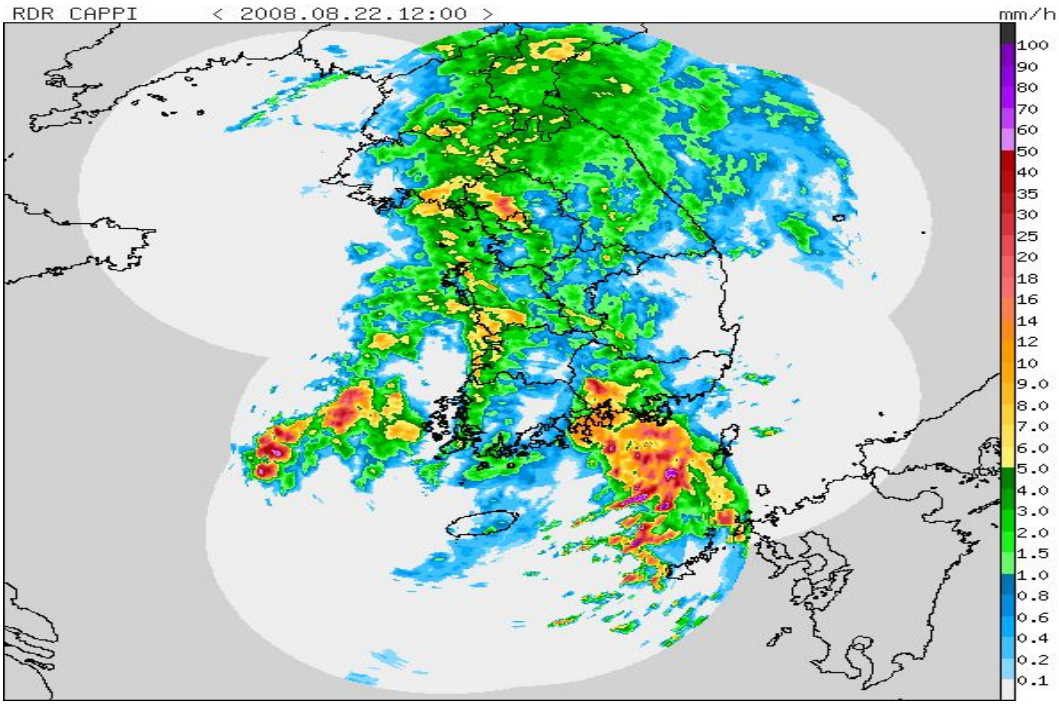


Fig. 15. Surface weather chart and Radar image on 22 Aug. 2008(Case 6).

제2절 비교 · 분석 방법

1. 기상레이더 CAPPI[1] 강우강도 추출

기상레이더는 마이크로파를 발사하여 강수에 반사되는 강도를 측정하여 강수량을 계산한 기상레이더 CAPPI 강우강도 추출하고 있다. CAPPI는 Volume자료를 Cube에 저장하고, 관심 있는 고도(보통 1㎞, 또는 1.5㎞)의 수평자료를 표출한 것을 말한다.

CAPPI의 특징은 원하는 고도의 자료만을 보여주는 것이며, CAPPI 자료는 단시간 강수예보에 주로 많이 이용된다.

UF자료를 CAPPI 1.5㎞ 고도(ASCII 파일)로 변환하고, 현재 전 기상레이더관서에서 사용하고 있는 $Z = 200R^{1.6}$ (Marshall-Palmer)을 적용하여 각 지점의 강우강도 자료를 추출하였다. 현재 기상청에서는 CAPPI 1.5㎞자료에서 해당 지점의 3×3 격자값 중 최대값을 이용하고 있다.

2. AWS 강우강도 자료 TRMM-GSP[2] 활용

자료 추출은 각각의 event에 대하여 Cubic spline interpolation을 적용하여 1분 강우강도 자료를 $mmhr^{-1}$로 생산하고 이 자료를 3분 이동 평균한 자료로 산출한다. 자체 강우강도비교 프로그램을 포트란으로 작성하여 AWS/레이더 자료처리 및 분석한다.

정량적 통계지수 산출을 위해 평균제곱근오차(RMSE)[3]를 이용하는데, RMSE는 레이더와 지상우량계 값의 차이를 제곱근하여 평균을 취한다.

RMSE는 bias, resolution, uncertainty에 따라 좌우되는 정확도의 척도로 가장 많이 사용되는 요소이며, 작은 오차보다 큰 오차에 더 큰 영향을 미치며, 0에서 ∞

---

1) CAPPI(Constant Altitude Plan Position Indicator)
2) TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission)-GSP(Gauge Software Package)
3) RMSE(Root Mean Square Error)

의 값을 가지며 perfect score는 0이다.

$$SE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(F_i - O_i)^2}$$

N : 자료의 수, F : 레이더반사도 자료 값, O : 지상우량계 자료 값

상관계수(correlation coefficient)는 레이더와 지상우량계 사이의 일치성을 측정하는 계수로, -1에서 1의 값을 가지며 perfect score는 1이다.

상관계수의 부호와 절대값은 두 변수의 관계의 방향과 세기를 나타내는 것으로, 절대값이 클수록 두 변수는 강한 선형관계를 갖는다. 즉 상관계수가 0이면 두 변수는 가장 약한 선형관계를 갖는다. 양의 상관계수일 때 두 변수는 비례 관계이며, 음의 상관계수일 때 두 변수는 반비례 관계를 나타낸다.

$$r = \frac{\sum(F-\overline{F})(O-\overline{O})}{\sqrt{\sum(F-\overline{F})^2}\sqrt{\sum(O-\overline{O})^2}}$$

r : 상관계수, $\overline{F}$: 레이더반사도 자료의 평균값, $\overline{O}$: 지상우량계 자료의 평균값

상관계수 r은 다음의 성질을 가지고 있다.

(1) $-1 \le r \le 1$
(2) $r > 0$: X의 값이 증가함에 따라 Y의 값도 이에 비례하여 증가하는 경향이 있고 이를 양의 상관이라 한다.
(3) $r < 0$: X의 값이 증가함에 따라 Y의 값은 이에 반비례하여 감소하는 경향이 있으며 음의 상관이라 한다.
(4) $r = 0$: 상관이 없는 무상관이다.

제3장 사례분석

제1절 2007년 사례

1. 사례별 RMSE

2007년의 각 사례별 레이더 반사도와 지상강수량의 평균제곱근의 오차(RMSE)를 살펴보면 Table 4와 같으며, 오성산레이더를 중심으로 강수사례의 1~8까지의 반경별 평균을 분석하고자 한다.

Table 4. Radar reflectivity and RMSE of ground precipitation by cases in 2007

case / Radius	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8
	6.23~24	7.1	7.19.	8.4~5	9.1.	9.4~6	9.14~15	9.16.
50㎞	2.489	4.967	5.820	3.615	5.329	2.229	4.035	4.690
100㎞	2.249	3.245	3.181	3.876	3.061	1.565	3.316	2.383
150㎞	1.088	2.966	3.145	2.145	3.094	1.488	2.551	2.751
200㎞	1.461	2.337	1.541	2.901	3.236	1.693	2.341	3.544
Average	1.822	3.379	3.422	3.134	3.680	1.744	3.061	3.342

각 사례별 RMSE를 분석한 결과, 사례 6과 사례 1에서 가장 낮은 RMSE를 보여 높은 정확도를 나타냈고, 사례 5와 사례 2, 사례 3, 사례 4는 상대적으로 높은 RMSE 값을 나타냈다.

최고 RMSE를 보인 사례 5의 경우 저기압에 의한 강수로, 고기압의 저지(블로킹)현상에 의해 정체하면서 오랜 시간 동안 강한 강수가 지속되었으며,

최저 RMSE를 보인 사례 6의 경우 저기압에 의한 강수로 층상우 형태를 띠며, 3일 동안 대체적으로 약한 강수가 지속적으로 이어졌다.

Fig. 16에서는 사례별 RMSE값을 살펴보면 반경 50km 구간에서 대체로 평균제곱근의 오차가 크게 나타나고 있으며, 사례 4는 고기압 가장자리에서 약한 기압골이 통고하면서 구간별 약하게 지속된 강수형태로 각 반경별 고른 RMSE 값을 나타내고 있다.

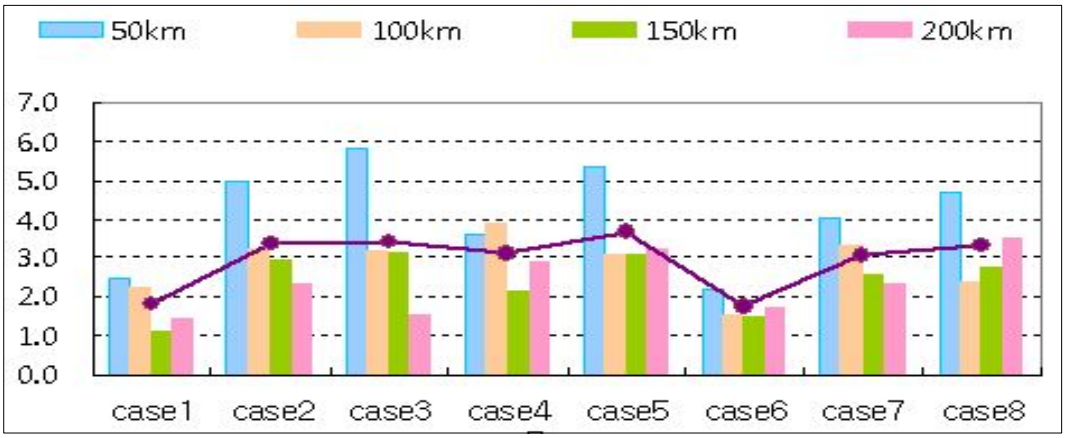


Fig. 16. RMSE by cases in 2007.

2. 지점별 RMSE

Fig. 17을 살펴보면 2007년 구간별 RMSE값이 레이더와 가까운 거리에서 오차가 크게 나타나고 있는바 레이더반사도와 지상 AWS 강수량의 비교 정확도는 낮다고 볼 수 있겠다.

Table 5는 지점별 RMSE값을 표현하고 있으며, 각 지점별 레이더반사도와 지상강수량의 평균제곱근의 오차를 나타내고 있다.

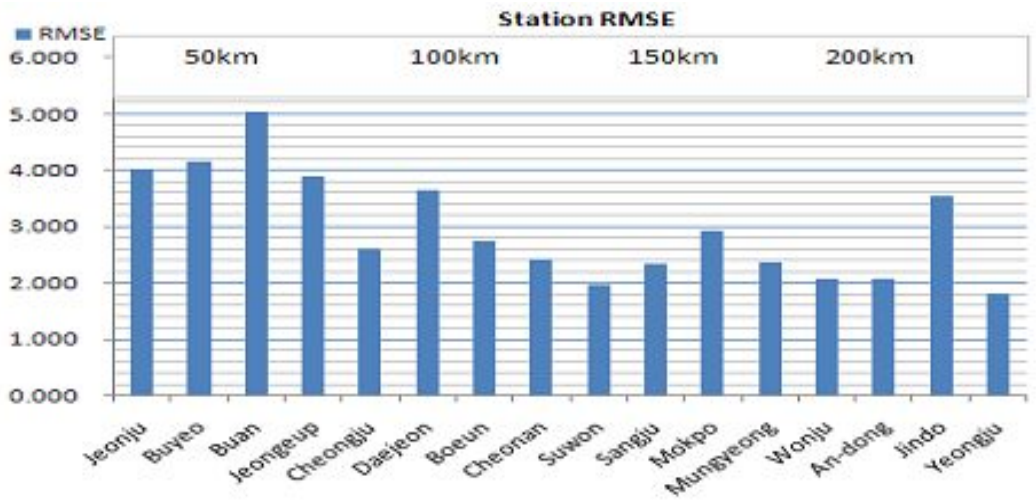


Fig. 17. RMSE by stations in 2007.

Table 5. RMSE by stations in 2007

Jeonju	Buyeo	Buan	Jeongeup	Cheongju	Daejeon	Boeun	Cheonan
4.020	4.148	5.030	3.388	2.603	3.658	2.752	2.424
Suwon	Sangju	Mokpo	Mungyeong	Wonju	An-dong	Jindo	Yeongju
1.966	2.348	2.935	2.364	2.083	2.083	3.547	1.814

각 지점별로 총 8사례에 대한 RMSE를 분석해본 결과, 영주에서 가장 높은 정확도를 보였고, 부안에서 가장 낮은 정확도를 나타나고 있다.

대체로 반경별로 유사한 RMSE를 보이는 반면, 200㎞ 내의 지점 중, 진도에서는 같은 반경 범위 내에 있는 다른 지점보다 낮은 정확도를 보이고 있다.

3. 반경별 RMSE

Fig. 18은 반경별 RMSE를 설명하는 자료로서 레이더 반경이 가까울수록 반

경별 오차가 크게 나타나고 있으며, 상대적으로 레이더에서 더 멀리 떨어져있는 150~200km의 경우는 레이더의 유효거리를 넘어선 거리로써 중상층 약한 에코대에서 나타나는 RMSE로서 상대적으로 작은 값을 보여 준다.

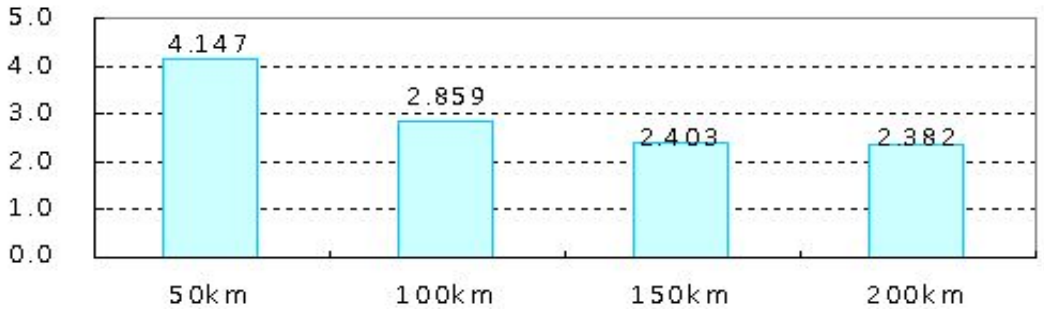


Fig. 18. RMSE by radii in 2007.

각 반경별 평균 RMSE를 보면 50㎞이내의 반경에서 가장 낮은 정확도를 보였으며, 레이더 중심에서 멀어질수록 오차가 작게 나타났다.

Table 6. RMSE by radii in 2007

case / Radius	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8
	6.23~24	7.1	7.19.	8.4~5	9.1.	9.4~6	9.14~15	9.16.
50㎞	0.341	0.268	0.316	0.325	0.578	0.450	0.504	0.411
100㎞	0.470	0.648	0.454	0.500	0.688	0.492	0.631	0.584
150㎞	0.380	0.685	0.332	0.321	0.541	0.405	0.632	0.384
200㎞	0.255	0.639	0.400	0.376	0.409	0.362	0.685	0.378
Average	0.362	0.560	0.376	0.380	0.554	0.427	0.613	0.439

Fig 19.는 2007년의 강수사례 중 RMSE 값이 가장 크게 나타났던 9월 1일의 레이더 반사도와 AWS의 강수량 오차로, 이때 지상 저기압이 우리나라 중부 이남에 전반적으로 강수를 보인 형태로 저기압이 정체되면서 레이더 50km 반경에 집중호우를 기록했으며, 정읍에 일강수량 162.5mm, 1시간최다 26mm의 강수를 기록했다.

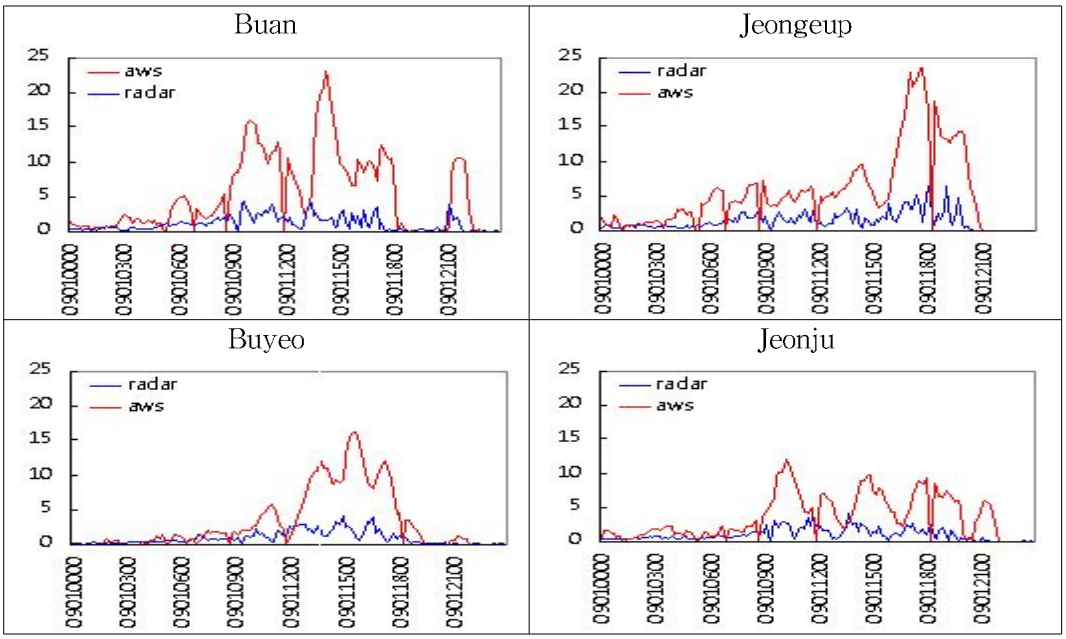


Fig. 19. Radar reflectivity and Observed value of AWS by stations of Case 5 on 1 Sep. 2007.

Fig. 20은 레이더 반경 50km의 RMSE값이 최소를 나타냈던 강수사례 6으로 일본 동쪽 태풍의 수렴역에서 지속적인 강수형태를 보인 경우로 주 강수대는 레이더 반경 100km에 있었으나, 50km 반경에서도 지속적으로 약한 강수를 보인 경우로 RMSE값이 적게 나타나며 레이더 반사도와 지상의 강수량이 잘 어울려 있음을 보여준다.

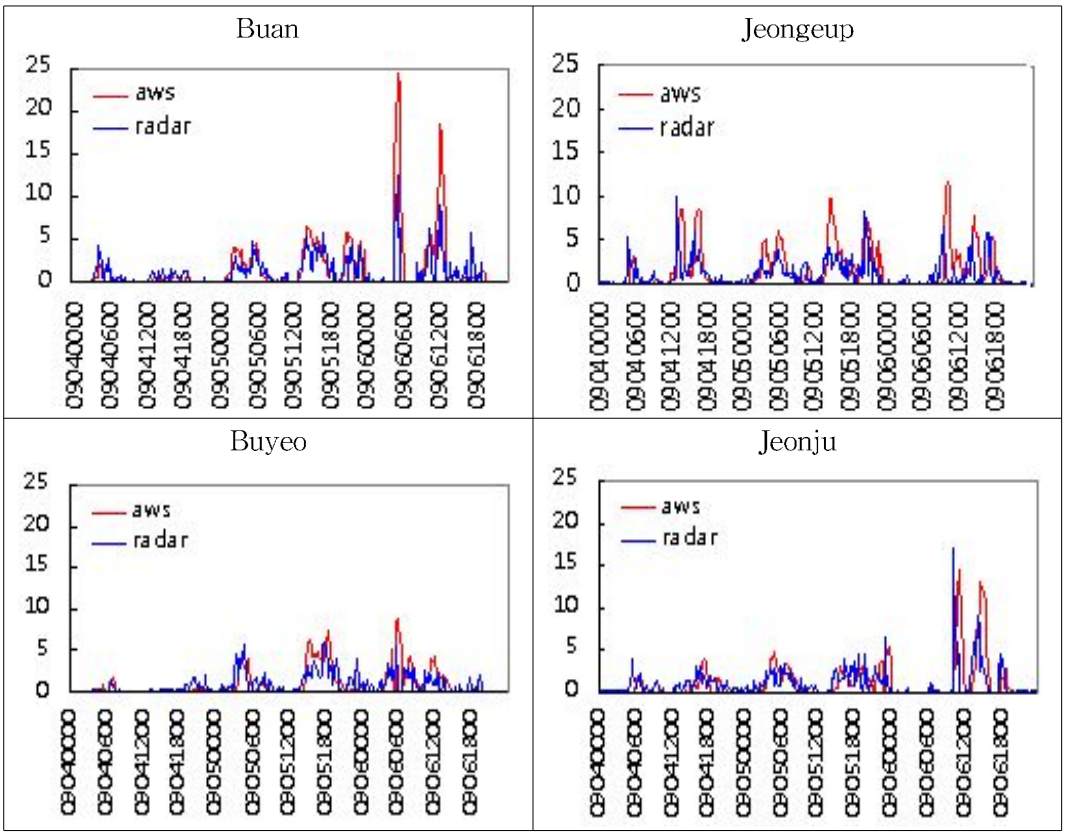


Fig. 20. Radar reflectivity and Observed value of AWS by stations of Case 6 from 4 Sep. 2007 to 6 Sep. 2007.

4. 사례별 상관계수

사례별로 기상레이더와 지상우량계의 정량적 검증 결과는 Fig. 21에서 살펴보면 사례 2, 5, 7에서 높은 상관성을 보였으며, 사례 1, 3, 4, 6에서 상대적으로 낮은 상관성을 보였다.

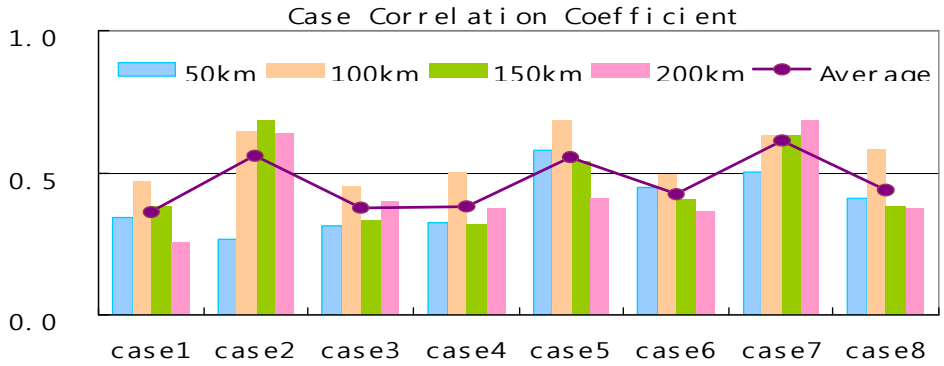


Fig. 21. Correlation by cases in 2007.

Fig. 22는 사례 7(2007. 9. 14~15) 상관도 최대우리나라 남서쪽에서 북동진해 들어오는 열대저압부가 일본 동해상부터 우리나라 북쪽까지 뻗어있는 고압부에 의해 저지되면서, 매우 느린 속도로 이동하여 우리나라에 많은 강수를 내렸다. 또한 남쪽에서 북상하고 있는 태풍 가장자리의 수증기를 끌어올리면서 남부지역에 많은 강수를 가져왔던 경우로 2007년 사례 중 높은 상관도를 보이고 있다(저기압 후면의 한랭전선상의 강수가 매우 뚜렷하여, 전선통과 여부에 따라 강수량의 지역편차가 크게 나타남.).

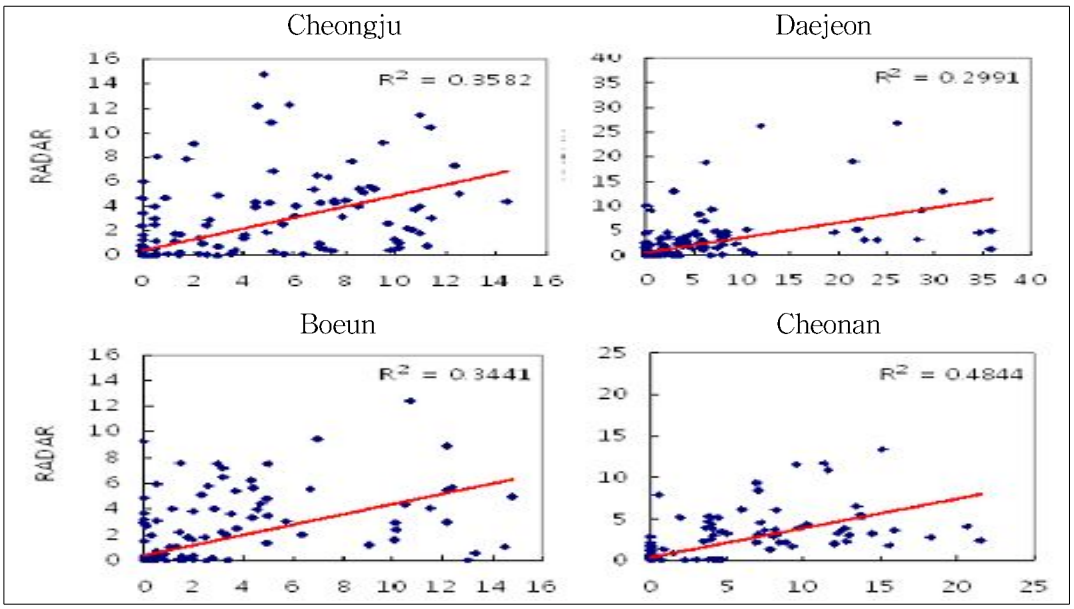


Fig. 22. Correlation by stations of Case 7 from 14 Sep. 2007 to 15 Sep. 2007.

Fig. 23은 사례 1(2007.6.23~24)의 최소 상관도를 보인 경우이며, 이때는 화중지방에서 다가오는 저기압이 우리나라 남쪽에서 소강상태를 보이고 있던 장마전선을 활성화 시키면서, 장마전선의 북상으로 남부와 중부지역을 중심으로 많은 강수를 내렸다.

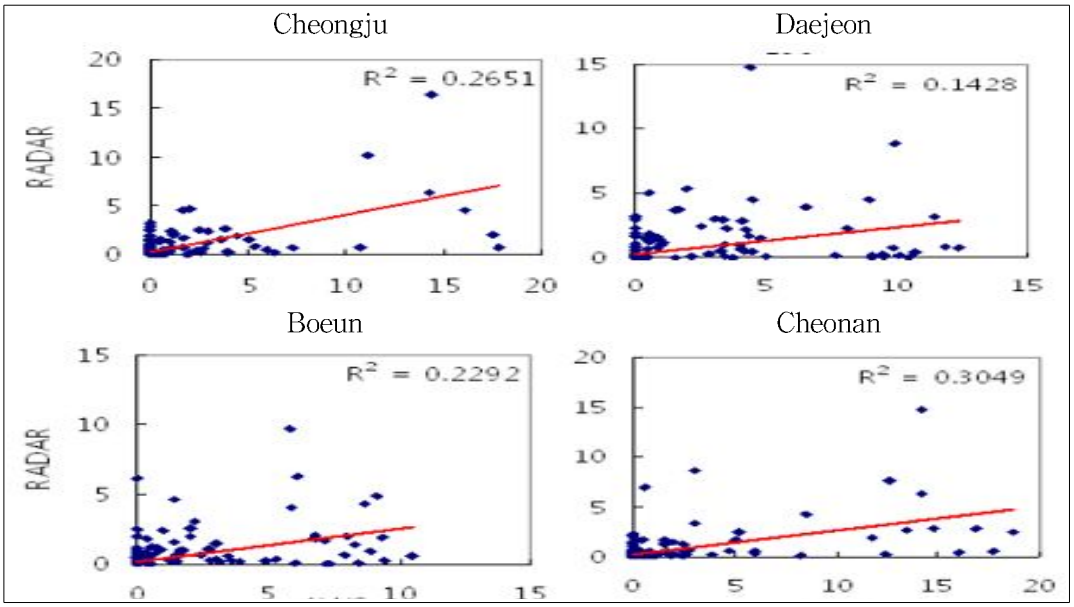


Fig. 23. Correlation by stations of Case 1 from 23 Jun. 2007 to 24 Jun. 2007.

Table 7. Correlation by cases in 2007

case / Radius	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8
	6.23~24	7.1	7.19.	8.4~5	9.1.	9.4~6	9.14~15	9.16.
50㎞	0.341	0.268	0.316	0.325	0.578	0.450	0.504	0.411
100㎞	0.470	0.648	0.454	0.500	0.688	0.492	0.631	0.584
150㎞	0.380	0.685	0.332	0.321	0.541	0.405	0.632	0.384
200㎞	0.255	0.639	0.400	0.376	0.409	0.362	0.685	0.378
Average	0.362	0.560	0.376	0.380	0.554	0.427	0.613	0.439

Table 7에서 종합적으로 검토해보면 사례별 기상레이더와 지상우량계의 정량적 검증 결과는 사례 2, 5, 7에서 높은 상관성(사례 7, 최고 0.613)을 보였으며, 이는 약한 강수의 고른 강수분포에서 나타나는 경우라 할 수 있겠고, 이와 반대로 사례 1, 3, 4, 에서는 평균 상대적으로 낮은 상관성을 보이고 있으며, 지역적으로 강수 편차가 심했던 경우라고 볼 수 있다.

5. 지점별 상관계수

Fig. 24와 Table 8은 지점별 상관계수로 레이더 50~10km 범위에 있는 각 지점들은 대체로 0.5 이상의 높은 상관계수를 기록 정확도가 높았다고 볼 수 있겠으며, 예외적으로 레이더에서 멀리 떨어져 있는 영주의 경우도 높은 상관계수를 보이고 있다.

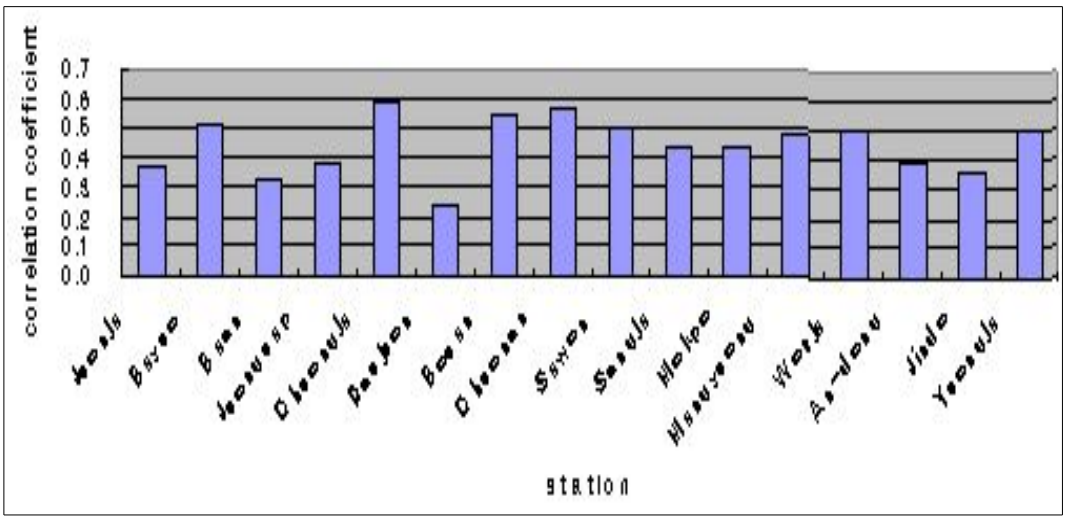


Fig. 24. Correlation by stations in 2007.

Table 8. Correlation by stations in 2007

Jeonju	Buyeo	Buan	Jeongeup	Cheongju	Daejeon	Boeun	Cheonan
0.376	0.512	0.326	0.382	0.592	0.540	0.545	0.557
Suwon	Sangju	Mokpo	Mungyeong	Wonju	An-dong	Jindo	Yeongju
0.494	0.433	0.438	0.475	0.497	0.393	0.356	0.505

지점별 상관계수는 같은 반경별로 유사하게 나타나는 경향을 보였지만, 부여는 상대적으로 가장 높은 상관도를 보였다.

6. 반경별 상관계수

Fig. 25는 레이더의 반경별 상관계수를 나타내고 있으며, 레이더의 반경별 상관계수는 그림13에서 보는바와 같이 레이더 반경 50~100km의 반경에서 상대적으로 높은 정확도를 보여주고 있으며, 실직적으로 레이더 반경이 가까울 수 록 정확도가 높을 것이라는 통념을 깨고 반경 50km 이내에서 상대적으로 낮은 상관계수를 보였다.

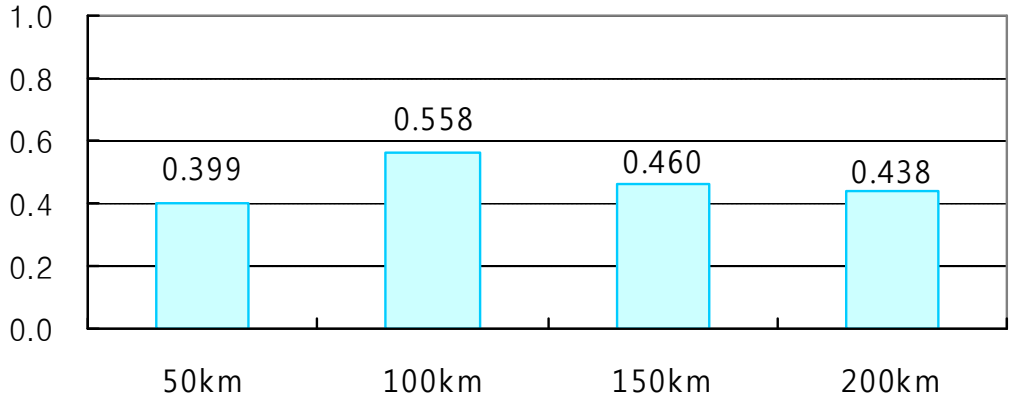


Fig. 25. Correlation by radii in 2007.

각 반경별로 보면 50~100㎞ 사이 범위에서 가장 좋은 상관관계를 보이는 바, 이는 레이더 반경 50~100km에서 고른 강수를 보인반면, 50km 안쪽에서는 강한 반사도에 강한 에코대가 존재 하였으며, 상대적으로 범위를 떠나 강한 에코대가 어느 반경에 분포해 있는지가 상관계수의 수치를 나타낸다고 볼 수 있겠다.

7. 최다강수 ASOS지점 비료

Fig. 26과 Table 9는 각 지점들의 일 최다강수의 기록으로, 각 지점들의 최다강수시의 RMSE와 상관계수를 살펴보면, 상대적으로 강수량이 작았던 안동(강수사례 1)은 일 최다강수량이 55.5mm, 상대적으로 많은 강수량을 기록했던 정읍(강수사례 5)은 일 최다강수량이 162.5mm를 나타냈던 경우이다.

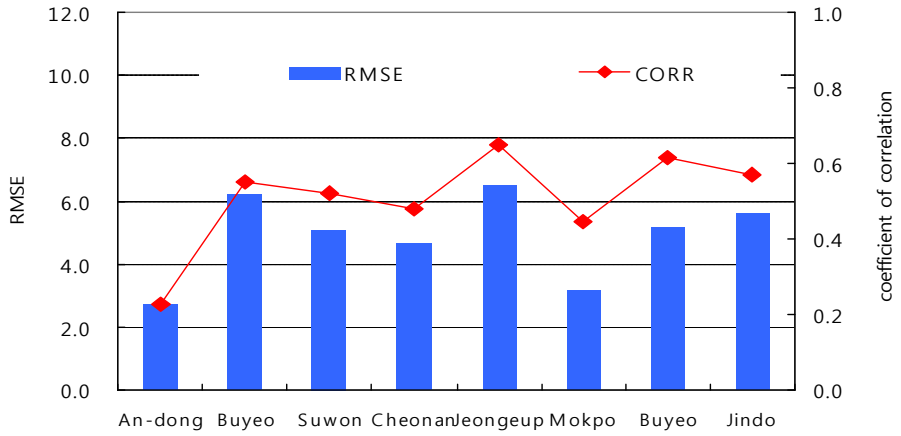


Fig. 26. RMSE and Correlation at the time of the Maximum precipitation by stations in 2007.

Table 9. RMSE and Correlation by stations in 2007

Case	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8	Average
Station	An-dong	Buyeo	Suwon	Cheonan	Jeongeup	Mokpo	Buyeo	Jindo	
RMSE	2.7082	6.2125	5.0687	4.6816	6.4613	3.1505	5.1805	5.5979	4.8826
CORR	0.22606	0.55213	0.52095	0.47978	0.64718	0.44431	0.61688	0.57158	0.50736

사례별 최다강수지점의 RMSE와 상관계수를 비교한 결과 Fig. 27과 Table 9와 같이 강수사례 5의 정읍에서 가장 높은 RMSE값을 보이긴 했지만, 그러나 가장 높은 상관도를 보이고 있다.

이것은 상대적으로 많은 강수에서 레이더정확도가 떨어지지만 상관계수가 높다는 것은 강수량에 비해 차이가 있다는 것은 지속적 연구가 필요하겠으며, 안동같은 경우는 상대적으로 일 최다강수량이 적었고 상대적으로 지속성 강수를 보였던 경우로써 반사도와 상관계수의 일치성을 보여주고 있다.

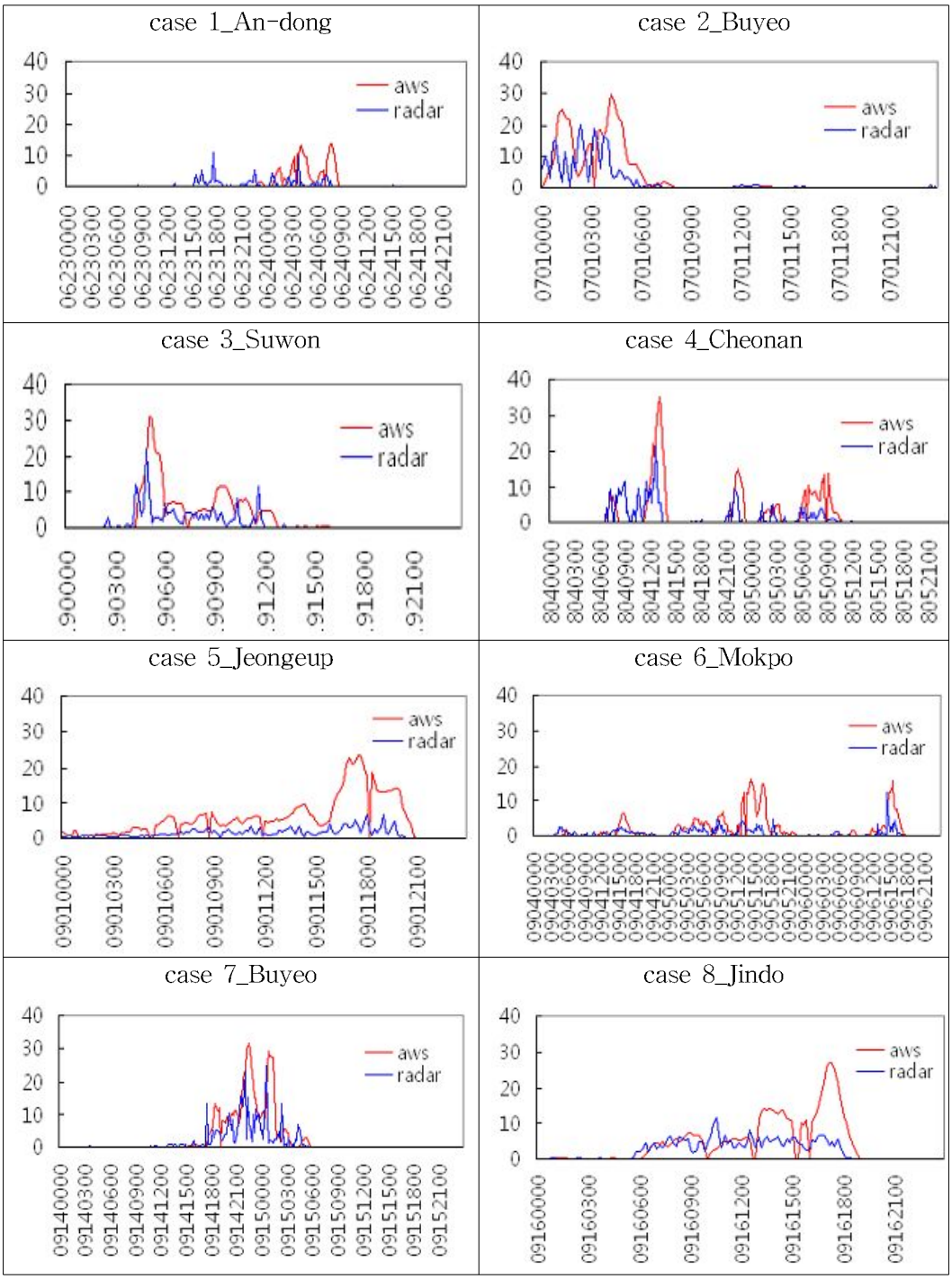


Fig. 27. Radar reflectivity and Observed value of AWS at the points of the Maximum precipitation by cases in 2007.

제2절 2008년 사례분석

1. 사례별 RMSE

2008년의 각 사례별 레이더 반사도와 지상강수량의 평균제곱근 오차(RMSE)를 살펴보면 Table 10과 같으며, 각 사례별 RMSE를 분석한 결과, 평균적으로 사례 2에서 가장 낮은 RMSE로 높은 정확도를 보였고, 사례 3에서는 높은 RMSE 값을 나타냈다.

Table 10. RMSE by radii in 2008

case / Radius	case1	case2	case3	case4	case5	case6
	6.18.	6.28.	7.19.	7.25.	8.16.	8.22.
50㎞	3.392	2.272	2.669	4.232	3.161	2.272
100㎞	3.777	0.979	6.705	3.770	3.710	2.416
150㎞	2.551	1.958	4.194	3.219	2.046	3.154
200㎞	2.245	2.150	3.233	3.860	2.080	4.264
Average	2.991	1.840	4.200	3.770	2.749	3.027

최고 RMSE 사례 **3** : 태풍전면에서 활성화 된 장마전선의 영향으로 태풍의 수렴대로부터 수증기를 공급받아 강한 강수를 기록했던 경우이며,

최저 RMSE 사례 **2** : 장마전선의 영향으로 내린 강수로 고기압의 저지로 인해 장마전선이 남쪽으로 쳐져 크게 활성화 되지 못하고 중부·남부지역을 중심으로 약한 강수를 기록했다.

Fig 28에서는 2008년 반경별 강수사례 RMSE값의 특징은 사례 2.의 경우로 장마전선의 지속적 약한 강수형태에서 나타난 특징을 볼 수 있고, 사례 3,4는 비교적 집중호우의 특징을 꼽을 수 있으며, 장마전선의 활성과 장마전선 정체되면서 상대

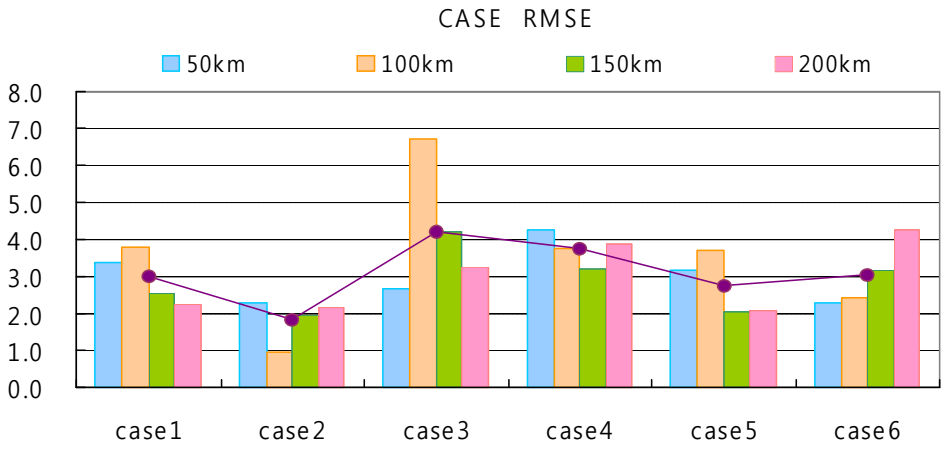


Fig. 28. RMSE by cases in 2008.

Fig. 29에서 2008년의 강수사례 중 100km 반경의 RMSE값으로 7월 19일 레이더 반사도와 AWS의 강수량 오차가 상대적으로 크게 나타나던 때로, 태풍(갈매기) 전면에서 활성화된 장마전선의 영향을 받았으며, 100km 반경에서 부여의 RMSE 값이 가장 크게 나타나고 있으며, Time lag는 단시간 집중호우에서는 의미가 없었음을 보여주고 있다.

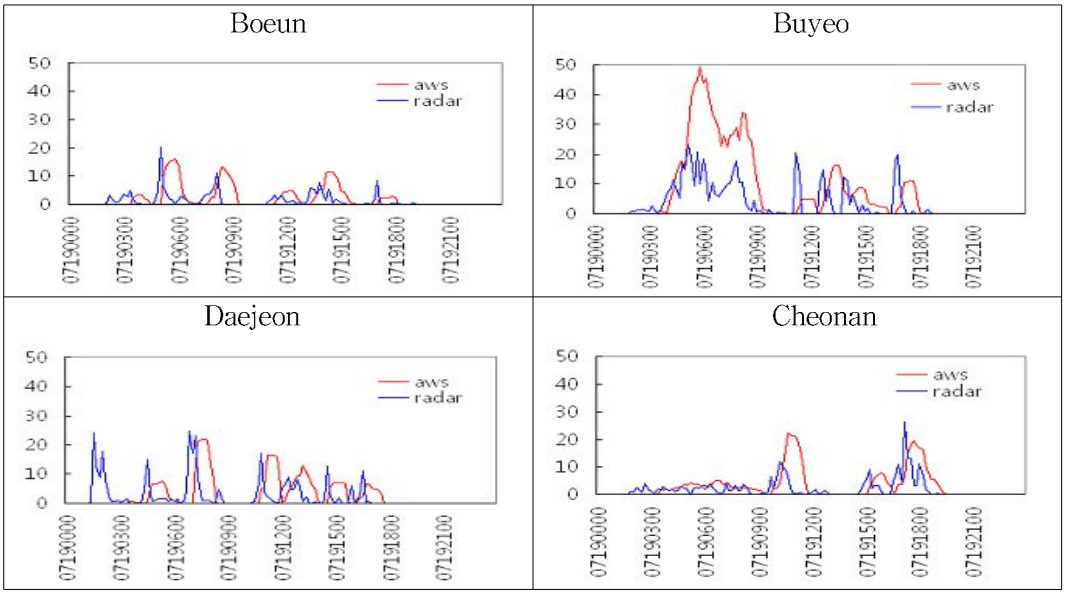


Fig. 29. Radar reflectivity and Observed value of AWS within a 100km radius of Case 3 on 19 Jul. 2008.

Fig. 30은 100km의 RMSE값 중, 최소를 보인 6월 28일의 자료로써 약한 장마전선 영향으로 남부지방을 중심으로 긴 시간 약한 강수를 보였으며, Time lag 없이 레이더 반사도와 AWS의 어느 정도 일체감을 보여주고 있다.

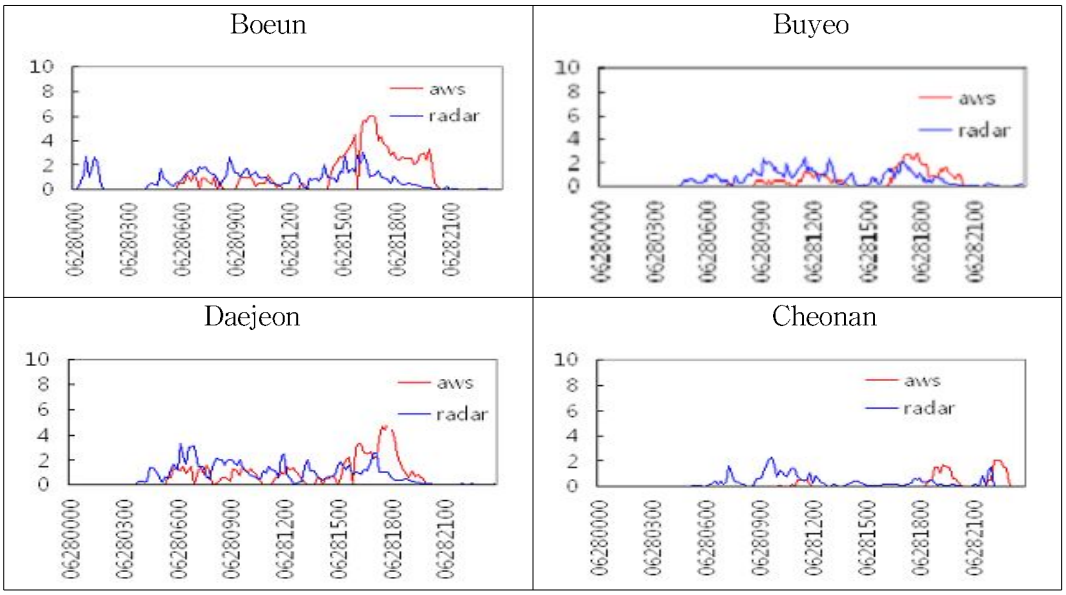


Fig. 30. Radar reflectivity and Observed value of AWS within a 100km radius of Case 2 on 28 Jun. 2008.

2. 지점별 RMSE

Fig. 31은 각 지점별로 총 8사례에 대한 RMSE를 분석해본 결과, 목포(165)에서 가장 낮은 RMSE 값을 나타냈으며, 상대적으로 청주에서 가장 높은 RMSE 기록하고 있다.

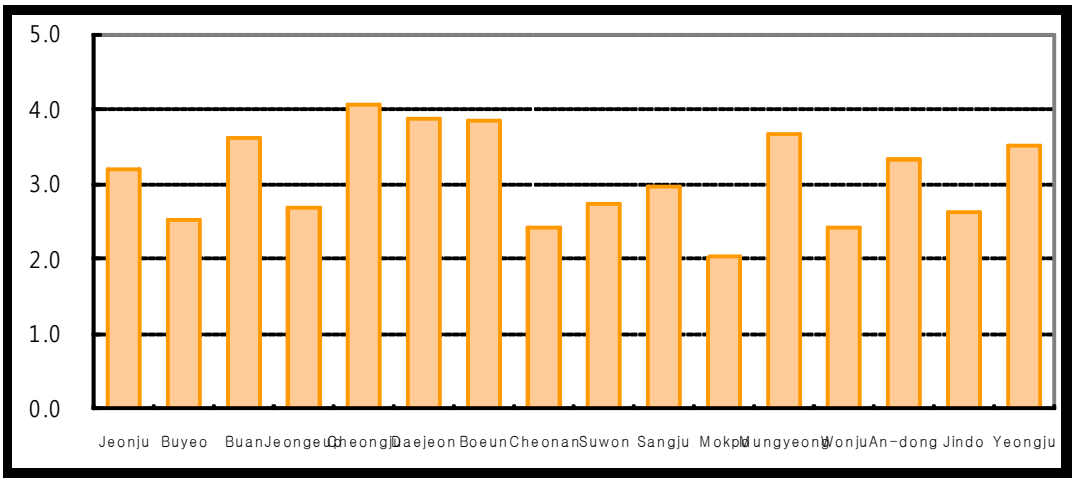


Fig. 31. RMSE by stations in 2008.

Table 11은 지점별로 총 6사례에 대한 RMSE를 살펴보면, 청주에서 가장 높은 4.0734 값을 나타내고 있으며, 가장 낮은 RMSE값은 목포로 2.0315를 기록한 바, 이는 목포가 가장 높은 정확도를 기록했다고 볼 수 있다.

Table 11. RMSE by stations in 2008

Jeonju	Buyeo	Buan	Jeongeup	Cheongju	Daejeon	Boeun	Cheonan
3.1965	2.5170	3.6083	2.6770	**4.0734**	3.8784	3.8648	2.4218
Suwon	Sangju	Mokpo	Mungyeong	Wonju	An-dong	Jindo	Yeongju
2.7288	2.9803	**2.0315**	3.6738	2.4174	3.3234	2.6330	3.5136

3. 반경별 RMSE

Fig. 32는 반경별 RMSE를 설명하는 자료로서 2008 반경별 특징은 반경 100km에서 상대적으로 높은 RMSE값을 나타내고 있다. 반경별 사례에서 나타나는 바와 같이 100km 반경에 에코가 더 강하게 형성되었다는 것을 찾아 볼 수 있겠으

며, 각 반경별 평균 RMSE를 보면 100㎞ 반경에서 가장 낮은 정확도를 보이고 다음으로 50㎞ 반경에서 낮은 정확도를 보였다.

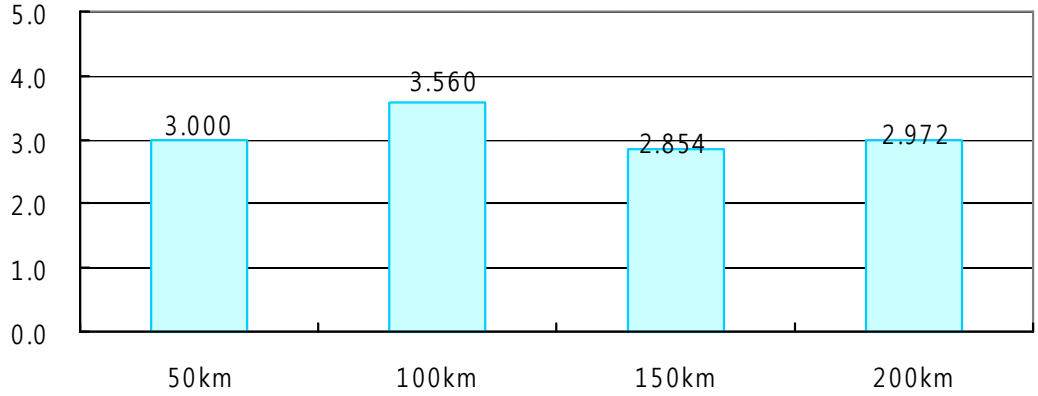


Fig. 32. RMSE by radii in 2008.

4. 사례별 상관계수

사례별로 기상레이더와 지상우량계의 정량적 검증 결과는 사례 2, 4에서 상대적으로 다소 높은 상관성을 보였으며, 사례 5에서 상대적으로 낮은 상관성을 보이고 있는바, Fig 33에서 나타내는바 100km 구간과 150km 구간에서 특히 낮은 상관계수를 나타내고 있다.

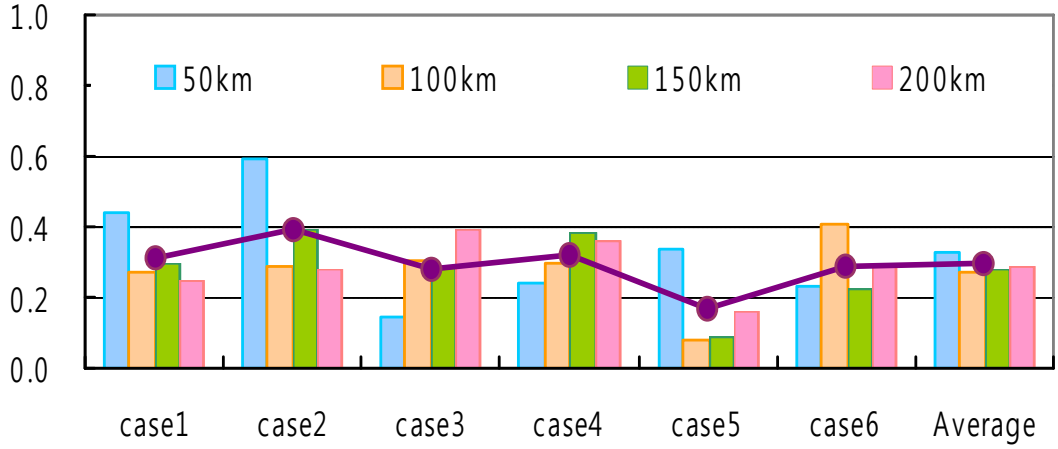


Fig. 33. Correlation by cases in 2008.

Fig. 34는 2008년 6월 28일의 상관도로 장마전선의 영향으로 강수가 내리고 있으나, 우리나라 동쪽에 위치한 고기압에 저지되면서 장마전선의 위치가 다소 남쪽으로 쳐져, 서울 경기지역 및 강원도 지역을 제외한 우리나라 중부, 남부지역을 중심으로 강수를 내렸던 경우로 상관도 비교적 잘 어우러짐을 보이고 있다.

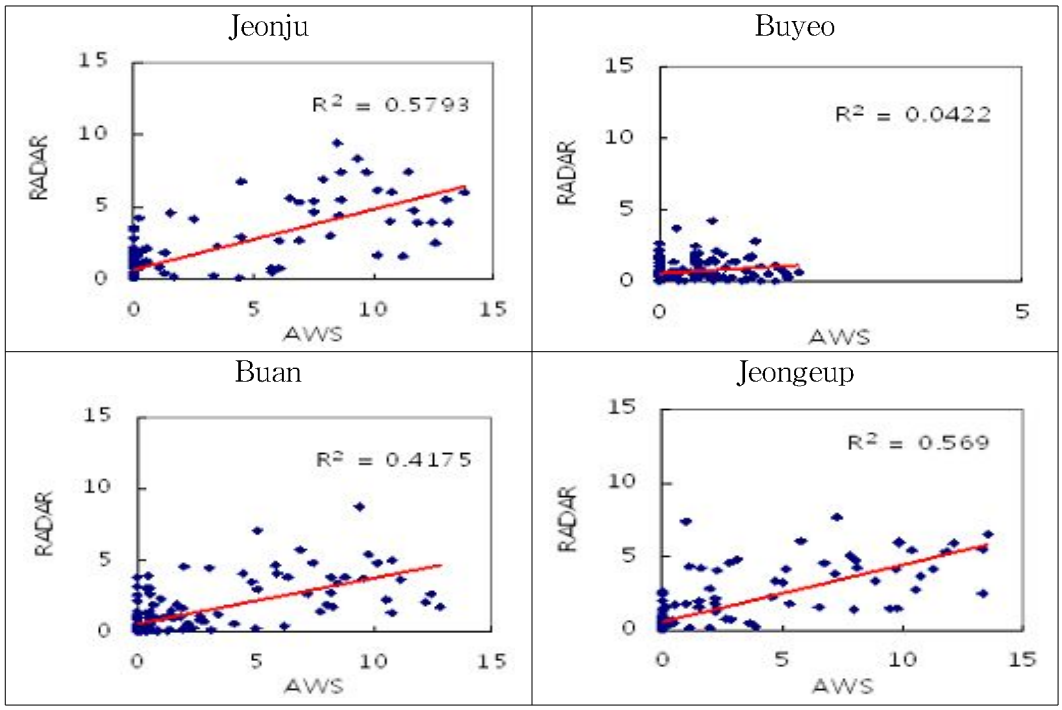


Fig. 34. Correlation by stations of Case 2 on 28 Jun. 2008.

Fig. 35는 사례 1(2008. 8. 16)의 최소 상관도를 보인 경우이며, 이때는 한반도를 중심으로 북쪽의 한대기단과 남쪽의 열대기단이 대치되면서, 한반도는 두 기단 사이에서 전선대가 형성되고, 서해중부해상에서 접근해 들어오는 저기압의 전면 온난전선 상에서 광범위한 강수가 내리다가 한랭전선 통과 시 전라북도 지역에 집중호우를 나타냈으며, 북쪽 한기가 크게 발달해 내려오지 못했지만, 주 강수 종료 후에도 약한 강수가 다소 지속되었던 경우로 상관도에서와 같이 이산형태를 보인다.

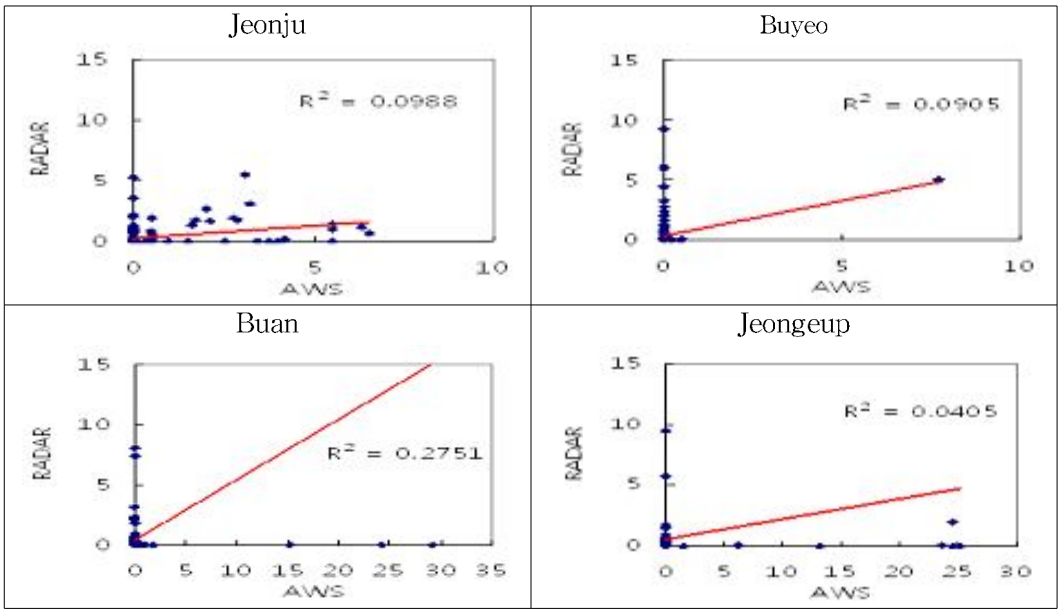


Fig. 35. Correlation by stations of Case 5 on 16 Aug. 2008.

Table 12. Correlation by cases in 2008

Radius \ case	case1	case2	case3	case4	case5	case6
	6.18.	6.28.	7.19.	7.25.	8.16.	8.22.
50㎞	0.4394	0.5917	0.1417	0.2375	0.3353	0.2313
100㎞	0.2692	0.2856	0.3027	0.2926	0.0775	0.4076
150㎞	0.2945	0.3912	0.2889	0.3802	0.0902	0.2246
200㎞	0.2482	0.2837	0.3953	0.3632	0.1637	0.2874
Average	0.3128	0.3881	0.2822	0.3184	0.1667	0.2877

Table 12에서 종합적으로 검토해보면 사례별 기상레이더와 지상우량계의 정량적 검증 결과는 사례별로 기상레이더와 지상우량계의 정량적 검증 결과를 보면 사례 2, 4, 1에서 높은 상관성을 보였으며, 사례 5에서 상대적으로 최저의 낮은 상관성을 보이고 있다.

5. 지점별 상관계수

Fig. 36과 Table 13은 지점별 상관계수로 50km 내의 부여와 부안, 150km의 수원, 200km의 안동에서 다소 좋은 상관계수를 나타내고 있으며, 목포의 경우는 0.1957의 상관계수로 최저를 보이고 있는바, 지점별 상관계수로 이해한다면 가장 정확도가 떨어졌다고 판단된다.

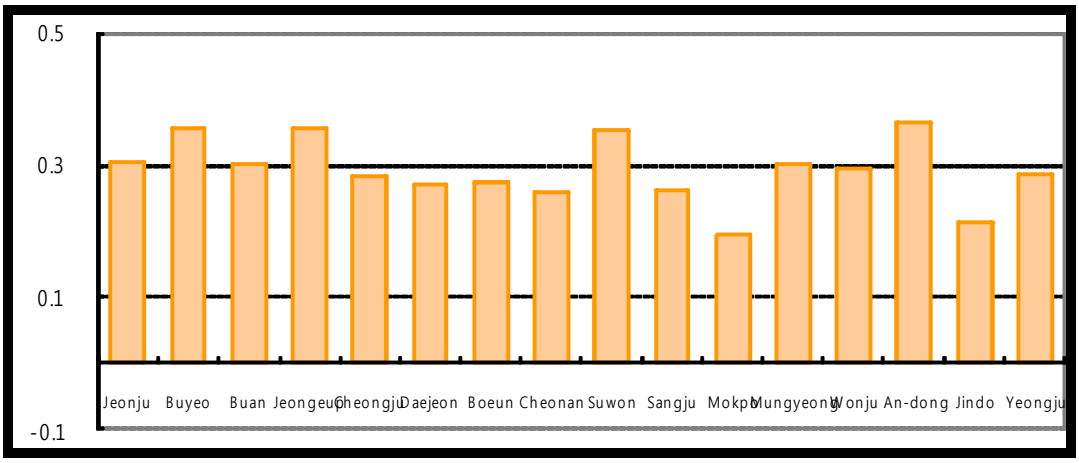


Fig. 36. Correlation by stations in 2008.

Table 13. Correlation by stations in 2008

Jeonju	Buyeo	Buan	Jeongeup	Cheongju	Daejeon	Boeun	Cheonan
0.3053	0.3562	0.3006	0.3559	0.2828	0.2722	0.2749	0.2603
Suwon	Sangju	Mokpo	Mungyeong	Wonju	An-dong	Jindo	Yeongju
0.3531	0.2609	0.1957	0.3033	0.2970	0.3652	0.2127	0.2861

6. 반경별 상관계수

Fig.37에서 반경별 상관계수를 보면 50km의 반경 구간에서 가장 좋은 상관계수를 나타내고 있다.

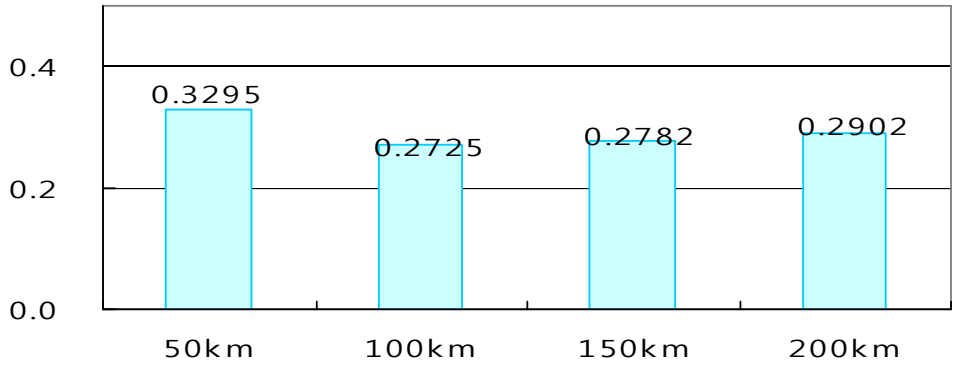


Fig. 37. Correlation by radii in 2008.

7. 최다강수 ASOS지점 비교

Fig. 38은 일최다강수의 비교 자료로 청주는 전주, 진도, 부안이 좋은 정확도를 나타내고 있다고 볼 수 있겠으며, 진도의 경우에는 높은 RMSE값에 낮은 상관계수를 보였다. 이는 정확도가 떨어진다고 봐야 할 것이다.

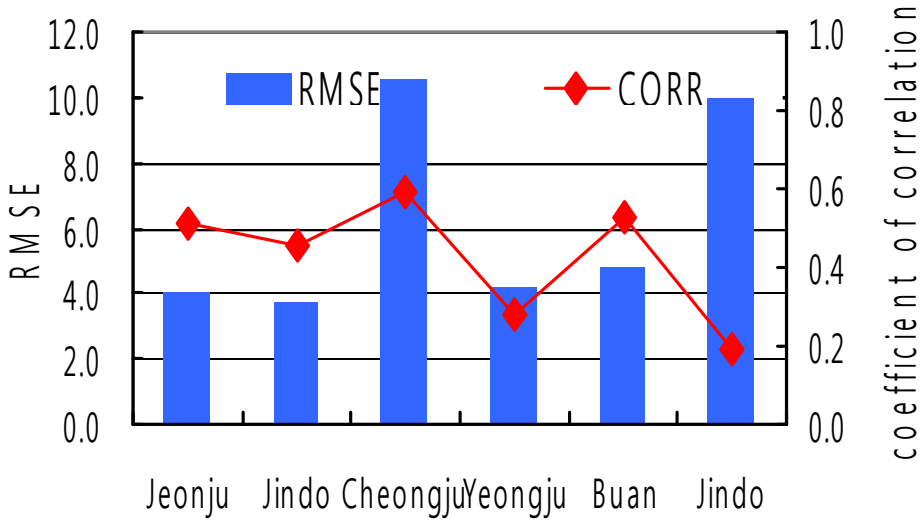


Fig. 38. RMSE and Correlation at the time of the Maximum precipitation by stations in 2008.

Table 14. RMSE and Correlation by stations in 2008

Case / Station	case1	case2	case3	case4	case5	case6	Average
	Jeonju	Jindo	Cheongju	Yeongju	Buan	Jindo.	
RMSE	4.0187	3.7580	10.5775	4.2537	4.8215	9.9424	6.6236
CORR	0.5123	0.4573	0.5954	0.2837	0.5246	0.1949	0.4280

사례별 최다강수지점의 RMSE와 상관계수를 비교한 결과 사례 3의 청주에서 가장 높은 RMSE값과 함께 가장 높은 상관도를 보였다. 반면 사례 2의 진도에서 가장 낮은 RMSE값을 보이고, 사례 6의 진도에서 가장 낮은 상관도를 보였다.

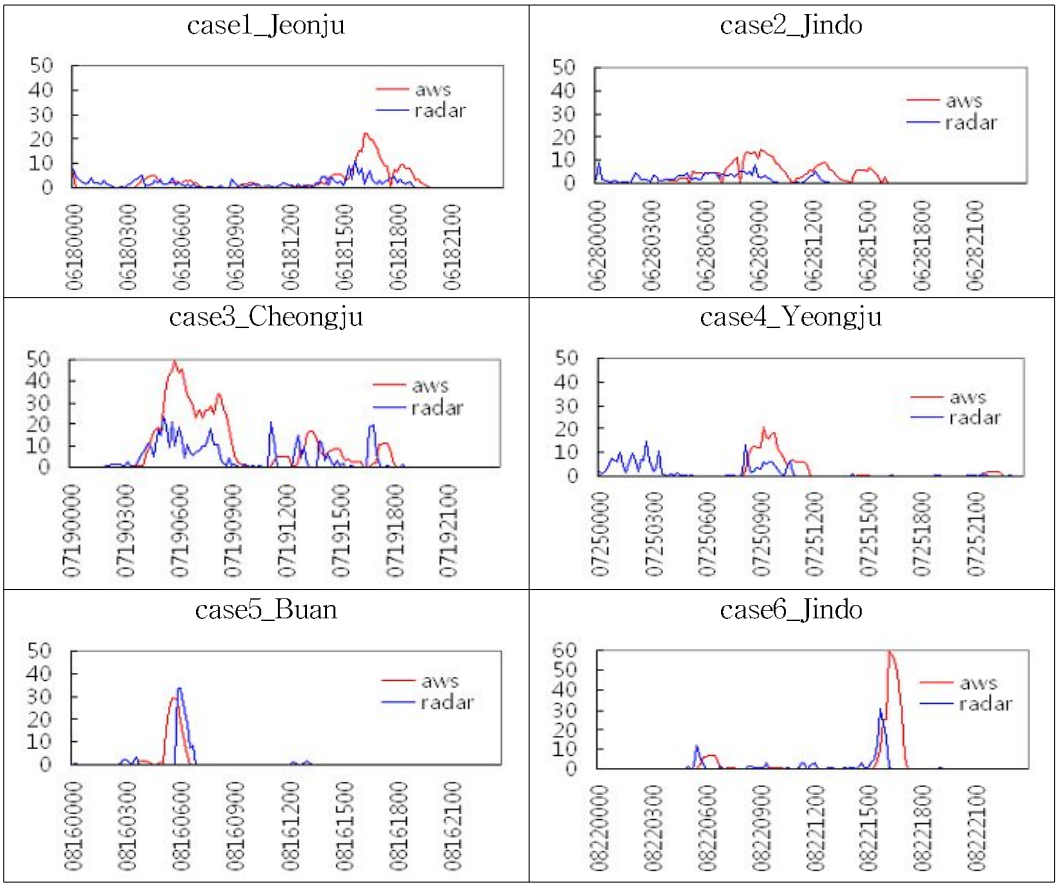


Fig. 39. Radar reflectivity and Observed value of AWS at the points of the Maximum precipitation by cases in 2008.

제 3절 사례분석 결과

2007년과 2008년을 비교해보면 상대적으로 강수강도가 약하고 강수분포 지역이 넓은 형태의 강수사례(2007년 사례 6과 2008년 사례 2에서는 낮은 RMSE값(높은 관측정확도)를 보이며, 반면 강수강도가 강하고 강수분포지역이 좁은 형태의 강수사례(2007년 사례5와 2008년 사례3)에서는 높은 RMSE값(낮은 관측정확도)를 보였다.

2007년 사례에서 50㎞ 반경에서 가장 높은 RMSE 값을 보였다. 그 이유는 2007년도 사례의 경우 대부분이 서쪽에서 강한 강수시스템이 들어오다가 내륙으로 갈수록 약화되는 경향을 보였다. 오성산기상레이더의 위치가 서해안에 위치하고 있어, 2007년 사례의 대부분 50㎞ 반경내에 강한 강수현상이 있었으며, Fig. 16과 같이 2007년 총 8사례 중 7사례의 최다강수지점이 모두 서해안 지역에 밀집되어 있어 강우강도가 클 경우 관측정확도가 낮아지는 원인이 되었을 것이라고 판단된다.

2008년 사례에서 100㎞반경에서 가장 높은 RMSE 값을 보였다. 그 이유는 Fig. 17과 같이 총 6사례 중, 3사례의 최다강수지점이 레이더 반경 100㎞ 부근의 내륙지역에 위치하고 있었기 때문에 강우강도가 가장 큰 100㎞ 반경에서 관측정확도가 낮게 나타난 것으로 판단된다.

제4장 결 론

본 연구에서 오성산 기상레이더와 지상 우량계의 오차가 발생하는 원인을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 강수형태를 고려하지 않은 일률적인 Z-R관계식(M-P관계식 $Z=200\ R^{1.6}$)적용은 대류성 강수의 경우 레이더 강우강도가 과소 추정되는 원인이 된다..

2. RADAR-ASOS간 오차율은 강우강도 및 강수량에 비례한다.

3. 레이더 빔 고도 아래에 수평바람이 존재할 경우 레이더에서 관측된 강수가 강우량계로부터 멀리 날려서 지상 강우량 관측값과 오차가 발생한다.

4. 레이더와 지상우량계 자료 처리 과정에서 발생하는 시간지연(time lag)로 인한 시각적 오차 발생한다.

5. 한 지점에서의 누적강수량 측정값과 전체지역(관측범위) 안에서의 평균된 반사강도도 값 사이에서 오차 발생한다.

6. 레이더 관측 스케줄에 의해 매 시간 6개의 샘플을 추출하여 샘플 된 강수율은 10분가 일정하다고 가정하는데서 발생하는 오차가 발생될 수 있다.

7. 연구조사에서 사용한 CAPPI 1.5㎞ 반사강도의 경우, 관측된 고도보다 높거나 낮은 곳에 강한 반사도의 오차를 갖는다.

참고문헌

남경엽, 송병현, 서은경, 최지혜, 이정석, 남재철, 2003, 청주부근에서 발생한 여름철 강우의 레이더-지상강우량계 관계에 관한 연구. *한국기상학회지*, 39(4), pp. 431-440.

박균명, 2005, 기상레이더입문, 토파민사, 458pp.

석미경, 남경엽, 김영화, 오성남, 2005, WPMM을 이용한 레이더 반사도로부터 정량적 레이더 강우강도의 추정. *한국기상학회지,* 41(1), pp. 123-138.

엄원근, 1998, 레이더기상학, 영재사, 9, pp. 155-158

유철환, 이동인, 장민, 김효경, 김정희, 김경익, 2005, Variation of Rainrate and Radar Reflectivity in Busan Area and Its Measurement by clouds Type. *한국기상학회지*, 41(2), pp. 191-200.

이종호, 2003, 레이더 영상분석, 동진문화사, pp. 125-127

이종호, 류찬수 2009, 레이더기상학, pp. 23-133

임재환, 2008, 지상우량계와 기상레이더 강우강도의 비교연구, *한국기상학회지,* 37(7), pp. 1-7.

정성화, 김경익, 하경자, 2005, 지상우량계의 강우강도를 이용한 개선된 레이더 강우강도의 실시간 추정. *한국기상학회지,* 41(5), pp. 751-762.

Atlas. D., D. Rosenfeld, and D. B. Wolff, 1990, Climatologically tuned reflectivity-rain rate relations and links to area time integrals. *J. Appl. Meteor*, 29, pp. 1120-1139.

Austin, P. M, 1987, Relation between measured radar reflectivity and surface rainfall. *Mon, Wea. Rev*, 115, pp. 1053-1070.

Marshall, T. S., and W. M. K. Palmer, 1948, The distributions of raindrops with size. *J. Meteor.*, 5, pp. 165-166.

Rosenfeld, D., B. E. Wolff, and D. Atlas, 1993, General probability-matched relations between radar reflectivity and rain rate. *J. Appl. Meteor*, 32, pp. 50-72.

Wilson, W. L. and E. A. Brandes, 1979, Radar Measurement of rainfall. *Bull. Amer. Mereor. Soc,* 60, pp. 1048-1058

감사의 글

입학한지가 엊그제 같은데 벌써 논문 준비한답시고 이리저기 정신없기만 했던 시간들이 지나고 나니 나름대로 흐뭇한 마음으로 전해오고 나름대로 보람찬 대학원 생활이었다고 생각됩니다. 때로는 피곤했지만 그래도 따사로운 햇볕처럼 항상 친절하고 최선을 다해 지도하여 주신 지도교수님과 여러 교수님들께 감사드립니다.

먼저 기상관측과 예보업무를 다루는 현장에 일하면서도 체계적인 기상이론이 부족한 저에게 학문에 대한 열망과 도전할 수 있는 용기를 주시고 이끌어주신 지도교수 류찬수 교수님께 한없는 존경과 감사를 드립니다.

멀리 서울에서 새벽같이 내려오셔서 학문적인 지도와 격려를 해주시던 존경하는 정효상 교수님, 이종호 교수님, 항상 밝은 미소로 대해주신 오완탁 교수님, 기타 최선의 열정으로 지도 편달 해주신 여러 교수님들, 함께 수업하던 선배님 후배님 동료 여러분들께 깊은 감사드립니다.

기상레이더의 자료 수집을 도와주신 황민호, 박은주, 이명진, 현명진 등, 여러분들께 감사드리며 늘 행운과 건강이 함께하길 기원합니다.

끝으로 언제나 믿음과 사랑과 믿음으로 뒷바라지 도와주었던 아내와 사랑하는 제언이와 혜언에게 학교 다니는 핑계로 함께 못한 지난 시간들 미안하지만 그래도 아빠는 너희가 있기에 나름대로 열심히 살아감을 고맙다고 전하고 싶다.

이 작은 결실을 맺기까지 여러 가지로 도와주신 모둔 분들께 다시 한번 감사드리며 앞으로 기상현장에서 더욱 발전된 모습을 보여드릴 것을 약속드리며 열심히 노력하겠습니다.

2010 년 4 월

전 수 현 올림

저작물 이용 허락서

학 과	대기과학과	학 번	20087297	과 정	석 사
성 명	한글:전수현 한문 :全守賢 영문 :Jeon Su Hyeon				
주 소	광주광역시 북구 일곡동 837-8 무지개빌 401호				
연락처	E-MAIL : jsh762@kma.go.kr				
논문제목	한글 : 지상 강우량과 오성산 레이더 반사도 자료의 관측 오차 비교 연구 영어 : On the Comparison of the Observational Error between Rain Gauge and Oseongsan Weather Radar Reflectivity				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(ㅇ) 반대( )

2010년 6월 9일

저작자: 전 수 현 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하